Captură Fulgi de nea Arta înghețată a iernii KENNETH LIBRECHT & RACHEL WING Publicat pentru prima dată în de Voyageur Press, o amprentă a The Quarto Group, Cummings Center, Suite -D, Beverly, MA , SUA T ( ) - F ( ) - QuartoKnows com ISBN: - - - - Ediție digitală publicată în eISBN: - - - - Datele de catalogare în publicație ale Bibliotecii Congresului Libbrecht, Kenneth Fulgul de nea: arta înghețată de iarnă / de Kenneth Libbrecht și Rachel Wing Ediție revizuită pagini cm Rezumat: "O privire la ce sunt cristalele de zăpadă, cum se formează, diferite tipuri, simetria lor și fațetele și ramurile lor" Furnizat de editor Include referințe bibliografice și index ISBN - - - - (copertă cartonată) Fulgi de zăpadă Lucrări picturale Zăpada I Aripă, Rachel II Titlu QC L ' dc Design pachet și copertă: Ashley Prine, Aspect pagină Tandem Books: Simon Larkin Pe față: Diana Kraleva/Moment/Getty Images Tipărit în China Dedicare Alannei și lui Max, tovarășii noștri preferați de aventură pe zăpadă, și celorlalte familii și prieteni ai noștri pentru că ne-au ajutat, ne-au încurajat, ne-au permis, ne-au aplaudat și, uneori, ne-au chinuit cu afecțiune obsesia fulgilor de zăpadă Mulțumiri speciale Avrei pentru lectura critică a cărții Cuprins unul | Arta înghețată a iernii doi | Privire fulgi de nea trei | Un ghid de teren pentru căderea zăpezii patru | Vremea cu fulgi de nea cinci | Simetria cristalelor de zăpadă sase Morfogeneza pe gheață sapte | Designer Fulgi de zăpadă opt Fotografia cu fulgi de nea Epilog Indexul Despre autori capitolul trei unu Arta înghețată a iernii "Cât de plin de geniu creator este aerul în care acestea sunt generate! Cu greu aș admira mai mult dacă stele adevărate ar cădea și s-ar așeza pe haina mea " - Henry David Thoreau, Jurnal, "Serios, ești din California de Sud și îți petreci vacanța aici în ianuarie dinadins?" Avem această reacție uneori în timpul călătoriilor noastre de iarnă, în timp ce înfruntăm vânturile reci din nord într-o încercare de a găsi și fotografia cel mai impecabil fulg de zăpadă Și este adevărat, am lăsat în urmă cerul însorit din Pasadena pentru a experimenta norii gri din nordul Ontario, Vermont, Michigan, Alaska centrală, nordul Japoniei și chiar nordul îndepărtat al Suediei Iarna are dezavantajele ei, cu siguranță, dar are și farmece și puțini se compară cu frumusețea remarcabilă pe care o găsești într-un fulg de zăpadă artizanal Unul dintre motivele pentru care mergem în drumeții prin nordul înghețat este pur și simplu că amândoi ne bucurăm de iarnă și dorim să experimenteze și copiii noștri Pentru că am crescut în țara zăpezii - Rachel în New York și Ken în

Dakota de Nord - iernile noastre au fost pline de bulgări de zăpadă, forturi de zăpadă și oameni de zăpadă, împreună cu alunecarea, săniile și îngerii de zăpadă Ne amintim acele dimineți magice când ne trezeam să găsim o pătură groasă de alb strălucitor care acoperă peisajul, transformând lumea noastră într-un tărâm al minunilor de iarnă Opus cristale de zăpadă | Un ochi ascuțit poate distinge numeroase stele de zăpadă care decorează această ramură a unei cucute de est din Vermont Martha Macy În după-amiezele cu zăpadă din școala elementară, ne plăceau în special acele ocazii în care profesorul distribuia lupe și ne lăsa să ieșim afară să examinăm fulgii de nea care cădeau - modele în gheață | Structura generală hexagonală a acestui cristal de zăpadă este împodobită cu modele complicate în gheață Arta înghețată a iernii | Br anche D Frumusețe | Cristalele stelare de zăpadă ca acesta au șase ramuri primare și fiecare dintre acestea susține numeroase ramuri laterale inspirație supremă pentru creațiile noastre din hârtie tăiată Cristalele erau deosebit de captivante în zilele mai reci, când vedetele străluceau puternic și zăboveau suficient de mult pentru o inspecție atentă a formei și simetriei lor Apoi, activitatea a devenit o vânătoare de comori frenetică, în timp ce toată lumea se întrecea să vadă cine l-ar putea impresiona pe profesor cu cel mai mare sau mai spectaculos exemplar Dacă îți faci timp să te uiți cu atenție, sunt câteva construcții uimitoare care cad din nori Deși amândoi ne-am bucurat de partea noastră de fulgi de zăpadă în copilărie, am reușit totuși să depășim minunea lor la scurt timp după acele zile de școală elementară Ne-am pierdut interesul în operele de artă înghețate care cădeau din cer și nu s-au mai oprit să se gândească la modul în care natura creează astfel de capodopere în miniatură Poate că fenomenul era prea familiar, până în punctul în care pur și simplu am încetat să mai observăm Sau poate că am avut prea multe lucruri bune; poate fi dificil să apreciezi frumusețea rafinată a fulgilor de zăpadă atunci când aleea este plină de ei și ai o lopată în mână Abia mult mai târziu în viață, la mulți ani după mutarea în California de Sud, am început să dezvoltăm o apreciere mai profundă pentru fulg de nea mic Ken începuse să cerceteze știința cum cresc cristalele, iar atenția sa s-a îndreptat într-o zi către fizică | capitol unul ro Dless variatii | Cristalele de zăpadă cad pe pământ într-o varietate nesfârșită de forme și modele remarcabile de gheață și formarea acelor fulgi de nea uitați de mult Poate că rădăcinile sale din Dakota de Nord își exercitau influența, dar concentrarea științifică pune ochi noi asupra subiectului Rachel a fost atrasă și ea și în curând am început amândoi să vedem mai mult decât am văzut vreodată crescând O lupă simplă dezvăluie o diversitate remarcabilă de diferite tipuri de fulgi de zăpadă, iar vizualizarea cristalelor individuale la microscop deschide o lume de structuri uimitor de complicate Cât de extraordinar este că forme atât de frumos complexe pot apărea pur și simplu, spontan, căzând ușor pe pământ în număr mare și mare Știința fulgilor de zăpadă a condus curând la fotografia cu fulgi de zăpadă și, în scurt timp, ne-am aflat într-un tren care se îndrepta spre nord, spre Golful Hudson, la mijlocul lunii ianuarie, cu copii în remorche Zece mii de imagini mai târziu, sperăm să vă împărtășim câteva imagini uimitoare cu fulgi de nea și povestea modului în care sunt creați fulgii de nea În paginile care urmează, călătorim în norii de iarnă, urmărim fulgii de zăpadă pe măsură ce se nasc și cresc și examinăm originea formei și simetriei lor Ne creștem proprii fulgi de zăpadă în laborator, unde putem urmări procesul așa cum se întâmplă și creăm câteva soiuri exotice în condiții care nu se găsesc în natură Luăm în considerare modul în care aceste structuri

remarcabile, de șase ori simetrice se adună, literalmente, din aer Încercăm să răspundem la cea aparent simplă dintre întrebările copiilor: de unde vin fulgii de zăpadă? Așa că îmbracă-ți ghetele de zăpadă, ridică-ți lupa și lasă-ne să fim ghizii tăi în timp ce aruncăm o privire de aproape asupra meșterii înghețate a iernii fațete în gheață | Multe cristale de zăpadă prezintă suprafețe fațetate asemănătoare oglinzii, care amintesc de aspectul unei pietre prețioase tăiate Arta înghețată a iernii | ce este un fulg de nea? Când spunem fulg de zăpadă, de obicei ne referim la cristal de zăpadă Termenii sunt adesea folosiți ca sinonimi, dar există o distincție în definițiile lor meteorologice Un cristal de zăpadă, după cum sugerează și numele, se referă la un singur cristal de gheață, în care moleculele de apă sunt toate aliniate într-o matrice hexagonală precisă Ori de câte ori vezi acea simetrie de șase ori caracteristică, știi că te uiți la un cristal de zăpadă Un fulg de zăpadă, pe de altă parte, este un termen mai general care poate însemna un cristal de zăpadă individual, un grup de cristale de zăpadă care formează artă efemeră | Fulgii de zăpadă sunt fotografiați cel mai bine imediat după coborârea lor din nori Odată ajunși într-un banc de zăpadă, fulgii de zăpadă cu model complicat își pierd încet trăsăturile mai fine forme de ferigă | Ramurile laterale apropiate dau acestor fulgi de nea un aspect cu frunze care amintește de o feriga împreună, sau chiar un agregat mare de cristale de zăpadă care se ciocnesc și se lipesc împreună în timpul zborului Acele bile mari pe care le vedeți plutind în zăpadă mai caldă se numesc fulgi de zăpadă și fiecare este alcătuit din sute sau chiar mii de cristale individuale de zăpadă Cristalele de zăpadă sunt numite în mod obișnuit fulgi de zăpadă, iar acest lucru este bine, ca și cum ai numi o lalele floare Mulți oameni cred că fulgii de zăpadă sunt pur și simplu picături de ploaie înghețate, dar acest lucru nu este adevărat Picăturile de ploaie uneori îngheață în aer pe măsură ce cad, dar acest tip de precipitații se numește lapoviță Particulele de lapoviță arată ca ceea ce te-ai putea aștepta - picături de apă înghețată fără nici un model sau simetria delicată observată în fulgii de zăpadă Un fulg de zăpadă apare atunci când vaporii de apă din aer se transformă direct în gheață, fără a deveni mai întâi apă lichidă Pe măsură ce mai mult abur se condensează pe un cristal de zăpadă în curs de dezvoltare, acesta crește și se dezvoltă, și atunci iese modelul său ornamentat | capitol unul coloane cappe D | Aceste două fotografii arată coloane acoperite - un tip puțin cunoscut de fulg de zăpadă care apare atunci când două cristale de plăci stelare cresc din capetele unei coloane de gheață Fulgul de zăpadă canonic este o stea de zăpadă elaborată, cu șase ramuri Acestea sunt icoanele mereu populare ale puloverelor de schi și decorațiunilor de sărbători de iarnă Natura produce o mulțime de variații ale acestui tip de cristal de zăpadă, fiecare prezentând propria sa formă unică Cele șase ramuri primare pot susține ramuri laterale secundare, uneori atât de numeroase încât cristalele au un aspect cu frunze, aproape de ferigă Uneori, ramificarea laterală este destul de simetrică, dar adesea nu este Un lucru pe care nu îl veți găsi în natură este un cristal de zăpadă cu opt fețe Același lucru este valabil și pentru cristalele de zăpadă cu patru, cinci și șapte laturi Simetria rețelei moleculare subiacente nu permite astfel de forme Fulgii de zăpadă cu opt fețe pot fi mai ușor de tăiat din hârtie, dar cristalele de zăpadă adevărate nu au niciodată o simetrie de opt ori, indiferent de ceea ce vezi în decorațiunile de sărbători fulgi de nea exotici Un fulg de nea este o operă de artă temporară Pentru a surprinde majoritatea imaginilor din această carte, fiecare fulg de

zăpadă a fost smuls din aer în timp ce cădea și apoi fotografiat rapid În doar câteva minute, un fulg de nea căzut începe să-și piardă forma Colțurile ascuțite încep să se rotunjească și, după un timp scurt, multe dintre trăsăturile sale delicate au dispărut Nu există doi fulgi de zăpadă care să arate exact la fel când cad, dar unicitatea lor se pierde curând când stau pe pământ În interiorul unui banc de zăpadă, fulgii de zăpadă cu modele complicate se transformă încet în mici bulgări de gheață Pentru a vedea cei mai buni fulgi de nea, trebuie să-i prinzi când sunt proaspeți Când am început să citim despre fulgi de zăpadă, cunoștințele noastre s-au extins doar până la stelele de zăpadă cu șase ramuri Acestea sunt cele mai mari cristale de zăpadă, ceea ce le face cel mai ușor de văzut pe mânecă; în plus, sunt aproape singurii fulgi de zăpadă găsiți Arta înghețată a iernii | mass-media populară Am fost destul de surprinși când lectura noastră a descoperit o întreagă menajerie de diferite tipuri de fulgi de zăpadă, dintre care cristalul stelar de zăpadă este doar un exemplu Ne-am impresionat mai ales când am dat peste fotografii vechi ale a ceea ce se numește o coloană acoperită - o coloană scurtă de gheață cu cristale asemănătoare plăcilor la fiecare capăt, asemănătoare cu două roți pe o axă sau cu o bobină goală Niciunul dintre noi nu a asistat vreodată la o construcție atât de ciudată în creștere Pe măsură ce am început să le căutăm, totuși, coloanele acoperite nu au fost greu de găsit Îi trecusem cu vederea în tinerețe pur și simplu pentru că nu eram conștienți de existența lor Dacă locuiți în țara zăpezii, există șanse mari să trăiți și dvs fără a fi conștienți de coloana exotică acoperită Dacă da, vă rugăm să vă uitați singur data viitoare când ninge Este posibil să nu vedeți această creație remarcabilă de gheață în fiecare zăpadă, dar coloanele acoperite, precum și multe alte soiuri de fulgi de zăpadă, sunt acolo dacă știți ce să căutați Coloanele și acele sunt, de asemenea, forme comune de cristale de zăpadă De dimensiuni mici, sunt adesea prezente, dar rar observate Forma lor cea mai de bază este o simplă coloană hexagonală de gheață, similară cu forma unui creion standard din lemn Adesea, coloanele au capete goale, în timp ce alteori pot crește în ansambluri de ace de gheață O furtună de zăpadă va aduce ocazional un număr mare de aceste tije mici de gheață, asemănătoare cu bucăți scurte de păr alb atunci când aterizează pe mâneca ta Menajeria cu fulgi de nea include o mare varietate de variații pe tema hexagonală, de la coloane subțiri la plăci subțiri, la diferite momente ramificate, sectoriate, modelate, scobite și fațetate Condițiile meteorologice diferite produc diferite tipuri de fulgi de zăpadă Cristalele stelare mari apar în zilele mai reci, în timp ce formele columnare sunt comune chiar sub îngheț Adesea, cristalele se schimbă în timpul zăpezii, pe măsură ce norii evoluează Există tot felul de modele complexe și curioase acolo care așteaptă să fie văzute, toate plutind alene pe pământ Nu se plictisește ușor privind fulgii de zăpadă coloane sau D sau Dles | Cristalele coloane (stânga) și acele de gheață (dreapta) sunt forme comune de fulgi de zăpadă | capitol unul asimetric fulg de nea | Nu toți fulgii de zăpadă prezintă o simetrie de șase ori fără cusur Forma acestui specimen ramificat ne spune că condițiile sale de creștere nu au fost uniforme pe tot cristalul viața secretă a unui fulg de nea Deși posibilitățile de proiectare a fulgilor de zăpadă sunt nesfârșite, asta nu înseamnă că orice formă sau model poate fi văzut căzând din cer Tiparele care apar nu sunt arbitrare, ci mai degrabă sunt determinate de procesele care guvernează formarea cristalelor de zăpadă Când știi să interpretezi arhitectura lor înghețată, forma unui cristal de zăpadă spune o poveste despre cum a fost creat Fulgii de

zăpadă nu sunt făcuți de mașini și nici nu sunt vii Nu există nici un plan sau cod genetic care să ghideze construcția lor Cu toate acestea, ele apar în aceste forme uimitor de ornamentate, simetrice Fulgii de zăpadă sunt simple bucăți de vapori de apă înghețați, pete de gheață care se prăbușesc din nori Cum se dezvoltă ele în stele atât de complicate cu șase petale? Ce forțe subtile sunt responsabile pentru proiectarea varietății nesfârșite de structuri de cristal de zăpadă? Într-un fulg de nea, doar un fulg obișnuit, putem găsi o poveste fascinantă despre apariția spontană a modelului și a formei Din vaporii de apă fără formă, structuri complexe apar într-o simfonie aeriană a morfogenezei meteorologice Fulgii de zăpadă sunt produsul unei sinteze bogate de fizică, matematică și chimie - și sunt distractive de prins pe limbă doisprezece-Br anche D fulg de nea | Două cristale cu șase ramuri se lipesc uneori pentru a forma un fulg de zăpadă cu douăsprezece ramuri Arta înghețată a iernii | Limpede ca sticla, albă ca zăpada Fotografia de mai sus prezintă grămezi mici de sare, zahăr și sticlă zdrobită (de la stânga la dreapta) Toate aceste trei materiale sunt intrinsec incolore și transparente (mai ales sticla), dar bateriile arată albe deoarece reflectă lumina în loc să o absoarbă Lumina incidentă se reflectă pe toate suprafețele minuscule ale boabelor, iar suma acestor multe reflexii face ca grămezile să pară albe Un banc de zăpadă arată alb din același motiv, ca și un nor Gheața și apa sunt în esență limpezi și incolore, dar reflexiile de la suprafață de la nenumărate particule produc un aspect alb Un cristal de zăpadă individual văzut de aproape nu arată alb, ci limpede, ca o mică așchie de sticlă în formă Când fotografiam fulgi de zăpadă, de obicei iluminăm fiecare cristal din spate, astfel încât lumina este transmisă prin gheață Materialul transparent îndoaie razele de lumină, dând fotografiei un sentiment de profunzime și accentuând structura internă și modelul fiecărui cristal Iluminăm adesea folosind lumini colorate, deoarece acest lucru evidențiază caracteristicile structurale și poate crea o varietate de efecte fotografice plăcute nycshooter/Vetta/Getty Images capitolul doi Privire fulgi de nea "Nu trebuie să faceți călătorii obositoare, să nu folosiți utilaje scumpe O furtună de iarnă, o fereastră deschisă, puțină blană sau catifea și o lupă obișnuită, vor aduce orice cercetător curios pe câmpul său de observație cu toate aparatele necesare și nu trebuie decât să-și deschidă ochii pentru a găsi măreţul și frumosul laborator al naturii deschis inspecției sale" - Chickering francez, Cloud Crystals: a snow-flake album, Fulgul de zăpadă și-a făcut prima apariție în istoria înregistrată atunci când oamenii au identificat cristalele individuale de zăpadă - cu simetria lor distinctă de șase ori - ca elemente constitutive ale zăpezii care căde Cea mai veche relatare cunoscută a fost în î Hr , când savantul chinez Han Yin a scris: "Florile plantelor și copacilor au, în general, cinci colțuri, dar cele din zăpadă, care se numesc ying, au întotdeauna șase colțuri" Scriitorii chinezi ulterioare au menționat și simetria fulgilor de nea, un exemplu fiind poetul din secolul al VI-lea Hsiao Tung, care a scris: "Norii roșii plutesc în cele patru sferturi ale cerului cerulean Și fulgii de zăpadă albi își arată florile cu șase petale " Autorii europeni au început să documenteze fulgii de zăpadă multe secole mai târziu; prima referință cunoscută a fost de la episcopul scandinav Olaus Magnus în Cu toate acestea, duhovnicul a descris fulgii de zăpadă ca având un sortiment ciudat de forme, inclusiv semilune, săgeți, clopoței și chiar o mână umană, așa că poate că relatarea lui nu merită să fie numită o premieră istorică Astronomul englez Thomas Harriot a făcut o treabă mai bună, identificând corect

simetria de șase ori a fulgului de zăpadă în Deși Europa a ajuns târziu în povestea fulgilor de nea, Renașterea revitaliza viața intelectuală până la sfârșitul secolului al XVI-lea Știința europeană a crescut rapid pe măsură ce oamenii de știință au început să examineze toate fenomenele naturale cu o vigoare reînnoită și un ochi pentru precizie matematică Curiozitatea lor științifică a fost în curând stârnită în timp ce se uitau mai atent la fulgii de nea care cădeau Opus stea de zăpadă | Am găsit această zăpadă magnifică cristal în Burlington, Vermont Privire fulgi de nea | examinarea fulgilor de nea Filosoful și matematicianul francez René Descartes a înregistrat prima relatare precisă a structurii cristalelor de zăpadă în În studiul său științific despre meteorologie și vreme, Les Météores, Descartes a înregistrat câteva observații remarcabil de amănunțite ale cristalelor de zăpadă, care au inclus câteva dintre cele mai rare forme: După acest nor de furtună, a venit altul, care a produs doar trandafiri mici sau roțițe cu șase dinți semicirculari rotunjiți care erau destul de transparente și destul de plate și format cât de perfect și simetric pe cât s-ar putea imagina A urmat, după aceasta, o cantitate suplimentară de astfel de roți unite două câte două printr-o osie, sau mai bine zis, întrucât la început aceste osii erau destul de groase, s-ar fi putut descrie la fel de bine ca niște coloane de cristal, decorate la fiecare capăt cu un trandafir cu șase petale puțin mai mare decât baza lor Dar după aceea au căzut altele mai delicate și adesea trandafirii sau stelele de la capete erau inegale Dar apoi au căzut altele din ce în ce mai scurte, până când în cele din urmă aceste stele s-au unit complet și au căzut ca stele duble cu douăsprezece puncte sau raze, destul de lungi și perfect simetrice, în unele toate egale, în altele alternativ inegale În acest pasaj, putem vedea fulgii de zăpadă influențând - în felul lor mic - dezvoltarea timpurie a ceea ce este acum știința modernă Descartes a fost clar impresionat de perfecțiunea geometrică pe care a văzut-o în formele de cristal de zăpadă, cu fațetele lor plate și simetria hexagonală Gândind la aceasta și la alte observații, el a continuat să raționeze modul în care principiile geometriei și matematicii joacă un rol central în descrierea lumii naturale schițe timpurii cu fulgi de nea | Aceste desene cu fulgi de zăpadă au fost publicate în de un om de știință englez Robert Hooke în celebra sa carte care se concentrează pe lumea în miniatură, Micrographia Acestea au fost primele observații ale fulgilor de zăpadă derivate dintr-o vedere mărită | capitolul doi Observator meticulos al fulgilor de nea Filosoful și matematicianul francez René Descartes este probabil cel mai cunoscut pentru dictonul său metafizic Cogito, ergo sum (Gândesc, deci sunt) El a făcut, de asemenea, unele dintre cele mai amănunțite observații timpurii ale cristalelor de zăpadă Frans Hals-Portret van René Descartes Privire fulgi de nea | fulg de nea inspira D kimono | Această placa de lemn din secolul al XIX-lea a artistului japonez Utagawa Kunisada arată o femeie la modă care poartă motive de fulgi de zăpadă pe chimonoul ei Cel mai probabil a fost inspirat din desenele fulgilor de nea publicate în de Toshitsura Doi Drepturi de autor imagini (c) Muzeul Metropolitan de Artă Sursa imagine: Art Resource, NY Deși acum considerăm acest lucru de la sine înțeles, folosirea matematicii pentru a explica fenomenele obișnuite era încă o idee emergentă la acea vreme și un pas major înainte în știință Invenția microscopului la mijlocul secolului al XVII-lea a dus rapid la observații mai multe și mai bune ale fulgilor de zăpadă Omul de știință englez și microscopistul timpuriu Robert Hooke a schițat fulgi de zăpadă și practic tot ce a putut găsi pentru cartea sa Micrographia,

publicată în , care a devenit rapid primul bestseller științific din lume Deși microscopul său era grosier conform standardelor moderne, desenele lui Hooke au început totuși să dezvăluie complexitatea și simetria complicată a structurii cristalului de zăpadă, detalii care nu puteau fi detectate cu ochiul liber Pe măsură ce calitatea și disponibilitatea lupelor optice s-au îmbunătățit, la fel și acuratețea desenelor cu cristale de zăpadă Până la mijlocul secolului al XIX-lea, un număr de observatori din întreaga lume documentaseră caracterul divers al formelor de cristale de zăpadă cristale de zăpadă arctică | Exploratorul englez William Scoresby a realizat aceste schițe în timpul unei călătorii de iarnă prin Arctica, pe care le-a povestit în cartea sa din , An Account of the Arctic Regions with a History and Description of the Northern Whale Fishery Sunt primele desene care au diagramat cu acuratețe multe caracteristici ale structurilor de cristal de zăpadă, precum și mai multe forme rare, inclusiv cristale triunghiulare și coloane acoperite Scoresby a remarcat, de asemenea, că clima arctică rece produce cristale mai mult simetrice decât cele observate de obicei în Marea Britanie | capitolul doi prima fotografie cu fulgi de nea Wilson Bentley, un fermier din orășelul Jericho, Vermont, a creat primul album fotografic de zăpadă care cădea, care a trezit lumea la minunile ascunse ale fulgilor de nea În anii , când era adolescent, Bentley a devenit interesat de structura microscopică a cristalelor de zăpadă și a început să experimenteze noul mediu al fotografiei ca mijloc de a înregistra ceea ce a observat El a construit un mecanism ingenios pentru atașarea unei camere la microscop în acest scop și a reușit să fotografieze primul său cristal de zăpadă în , când avea nouăsprezece ani A spune că Bentley a fost dedicat fotografiei cu fulgi de zăpadă este un eufemism Distracția de iarnă a devenit pasiunea lui de-a lungul vieții și, pe parcursul a patruzeci și șase de ani, a surprins peste cinci mii de imagini cu cristale de zăpadă pe plăci fotografice din sticlă A fost în aceeași fermă din Jericho toată viața, fotografiend fulgi de zăpadă în fiecare iarnă folosind același echipament pe care l-a construit în adolescență Fotografiile lui Bentley au apărut în numeroase publicații de-a lungul mai multor decenii, oferind pentru mulți prima lor privire asupra structurii interioare și a simetriei cristalelor de zăpadă Și cu mii de fulgi de zăpadă, toți unici, lumea a fost expusă primii fulgi de nea de hartie | Frances Chickering, soția unui ministru din Maine, a publicat aceste imagini cu cristale de zăpadă în cartea sa din Cloud Crystals: A Snow-Flake Album Ea a examinat cristalele de zăpadă în timp ce cădeau pe pervazul ei și a tăiat rapid replici de hârtie ale formelor lor, care au fost ulterior transferate pe paginile albumului ei Domnișoară Chickering cu greu și-ar fi putut imagina că meșteșugul pe care ea era pionierat va fi mai târziu practicat de milioane de școlari din întreaga lume Privire fulgi de nea | la varietatea lor incredibilă Castanul vechi, acum familiar, pe care nu există doi fulgi de zăpadă exact la fel, pare să-și fi avut originea în fotografiile lui Bentley La sfârșitul anilor , Bentley a făcut echipă cu W J Humphreys, fizician-șef pentru Biroul Meteorologic al Statelor Unite, pentru autorul operei sale magistrale, care conține mai mult de două mii de fotografii cu cristale de zăpadă Vai, bătrânul de şaizeci şi şase de ani Un fermier din Vermont a murit de pneumonie la doar câteva săptămâni după publicarea lucrării În deceniile care au urmat acestei lucrări fundamentale, mulți alții au acceptat provocarea de a surprinde structura și frumusețea cristalelor de zăpadă folosind camere și obiective în continuă îmbunătățire Ne place să credem că Wilson Bentley

ar zâmbi și ar da un semn de aprobare conștient dacă ar putea vedea cum fotografia cu fulgi de nea a înflorit de-a lungul anilor captarea fulgilor de nea | Fermierul din Vermont Wilson Bentley a dezvoltat arta fotografierii cu fulgi de zăpadă la sfârșitul anilor , producând în cele din urmă un album mare de imagini El este prezentat aici cu microscopul său special construit din cristale de zăpadă Societatea istorică din Jericho | capitolul doi primul fulg de nea aphs fotografie | Acestea sunt doar câteva dintre miile de fotografii cu fulgi de zăpadă realizate de Wilson Bentley între și Fotografiile originale au arătat un cristal strălucitor pe un fundal strălucitor, deoarece el și-a luminat fulgii de zăpadă din spate Fotografiile au fost modificate prin tăierea fiecărui cristal și plasarea lui pe un fundal întunecat Societatea istorică din Jericho Fulgi de nea de laborator Povestea fulgilor de nea a luat o turnură științifică hotărâtă în anii , când fizicianul japonez Ukichiro Nakaya a început prima investigație de laborator a cristalelor de zăpadă În timp ce observatorii anterioare ai fulgilor de zăpadă se limitaseră la observații destul de elementare, Nakaya a adus la îndemână arsenalul de noi instrumente științifice care au devenit disponibile la începutul secolului al XX-lea În timpul educației sale ca tânăr fizician experimental promițător, Nakaya a studiat descărcările electrice și generarea de raze X, ambele subiecte de vârf ale zilei Găsirea unui loc de muncă a fost însă dificilă la începutul anilor și soarta l-a dus pe Nakaya în partea de nord a Japoniei, unde a obținut un post la Universitatea Hokkaido Fondurile și echipamentele de cercetare au fost minime la universitate, dar clima rece a oferit o cantitate mare de cristale de zăpadă, iar Nakaya a devenit rapid interesată de studiul lor Inspirat de fotografiile lui Bentley, Nakaya și-a început propriile investigații fotografice, clasificând diferite tipuri de cristale de zăpadă împreună cu condițiile atmosferice care au dus la formarea lor El a descoperit curând că cristalele stelare orbitoare ale lui Bentley erau doar începutul Nakaya a adăugat multe observații detaliate despre coloane, ace, coloane acoperite și altele Privire fulgi de nea | forme mai puțin obișnuite, producând astfel prima documentare fotografică a menajeriei mai ample a căderii zăpezii După ce a învățat multe din observațiile directe, Nakaya și-a îndreptat atenția către o mai bună înțelegere a modului în care aceste structuri de gheață au fost create în nori Deoarece devenise un expert mondial în precipitațiile de iarnă, omul de știință și-a asigurat finanțare pentru a construi un laborator de congelare la Hokkaido, exploatând tehnologia recent inventată de refrigerare Cu această nouă facilitate, Nakaya și-a propus să-și creeze proprii fulgi de zăpadă pentru o examinare și un studiu mai atent Creșterea cristalelor de zăpadă în laborator s-a dovedit a fi o provocare considerabilă Fulgii de zăpadă naturali plutesc liber în atmosferă pe măsură ce se dezvoltă, iar coborârea lor lungă le oferă timp suficient pentru a crește la o dimensiune substanțială Deoarece un congelator înalt de un kilometru era în mod clar nepractic, Nakaya avea nevoie de o abordare diferită pentru a produce cristale care erau suficient de mari pentru a fi studiate Nakaya a căutat să suspende un cristal de zăpadă individual pe o sfoară fină, unde să-l poată vedea cum crește și se dezvoltă În acest fel, timpul de creștere ar putea fi prelungit la nesfârșit Dar iată că s-a lovit Își dorea un cristal izolat de zăpadă, dar ceea ce a obținut a fost un număr mare de cristale minuscule de gheață care i-au acoperit sfoara cu ger Nakaya a explorat multe filamente diferite în încercarea sa de a face cristale de zăpadă solitare, inclusiv mătase, bumbac, fire fine și chiar o pânză

de păianjen Toate au rezultat în aglomerări asemănătoare înghețului de cristale de gheață minuscule Nakaya a obținut în sfârșit succesul în cu, dintre toate, un păr de iepure Uleiurile naturale de pe păr au descurajat nuclearea gheții și au împiedicat creșterea unui număr mare de cristale de îngheț În schimb, cristalele izolate de zăpadă au crescut în forme care semănau excelent cu acestea produs în nori Aceștia au fost primii fulgi de zăpadă sintetici din lume Folosim cuvântul sintetic aici, deoarece Nakaya a produs cristale de zăpadă adevărate, crescute din vapori de apă în același mod ca și soiul natural Au fost sintetizate în laborator, dar în rest erau aceleași cu ceea ce apare într-o ninsoare adevărată Aceasta este în contrast cu zăpada artificială făcută acum în stațiunile de schi, care nu este făcută din vapori de apă Zăpada artificială este făcută prin înghețarea rapidă a picăturilor de apă lichidă (așa cum vom descrie într-un capitol ulterior), producând particule mici de lapoviță, care sunt semnificativ diferite de fulgii de zăpadă naturali diagrama morfologiei După ce a descoperit virtuțile neașteptate ale părului de iepure, Nakaya și-a petrecut ani de zile crescând multe cristale individuale de zăpadă la diferite temperaturi și niveluri de umiditate El a observat cum morfologia fiecărui cristal - forma și structura sa detaliată - depindea de starea aerului în care creștea El a combinat toate aceste observații în ceea ce se numește acum diagrama morfologică a cristalelor de zăpadă, sau adesea diagrama Nakaya Diagrama morfologică este ca o piatră Rosetta pentru fulgi de zăpadă Cu acesta, puteți traduce forma unui fulg de zăpadă care cade într-o descriere a istoriei sale de creștere După ce ați văzut un cristal subțire de ac, de exemplu, știți că a crescut la umiditate ridicată la o temperatură aproape de de grade Fahrenheit (- °C) Un cristal stelar mare sugerează creșterea aproape de grade Fahrenheit (- ° C), în timp ce ramificațiile laterale extravagante indică umiditate ridicată Diagrama morfologică este deosebit de iluminatoare atunci când condițiile de creștere se schimbă pe măsură ce se formează un cristal de zăpadă, un exemplu bun fiind | capitolul doi diagrama morfologiei cristalului de zăpadă cu diagrama morfologiei cristalelor de zăpadă, se poate deduce temperatura și umiditatea în norii de iarnă, pur și simplu privind fulgii de zăpadă care cad Temperatura determină în principal dacă cristalele de zăpadă cresc sub formă de plăci sau forme coloane Cristalele asemănătoare plăcilor apar atunci când temperatura este aproape fie de de grade Fahrenheit (- °C) fie de grade Fahrenheit (- °C), așa cum se vede în diagramă De obicei apar cristale stelare de zăpadă deosebit de mari, bine formate numai când temperatura este în jur de grade Fahrenheit (- °C) Cristalele coloane și ace sunt cel mai probabil să apară atunci când temperatura este în jur de de grade Fahrenheit (- °C) Nivelul de umiditate influențează complexitatea cristalelor în creștere Când umiditatea este scăzută, cristalele de zăpadă cresc încet în forme mai simple, fațetate La niveluri mai ridicate de umiditate, cristalele cresc rapid în structuri complexe, ramificate hieroglife din cer | Forma unui fulg de nea spune o poveste despre schimbarea temperaturii și umiditatea pe care a experimentat-o în timp ce creștea | capitolul doi coloană Această structură apare atunci când un cristal începe inițial să crească într-o regiune a norilor unde temperatura este de aproximativ de grade Fahrenheit (- °C), dezvoltându-se într-un cristal columnar Apoi vântul îl duce într-o regiune în care temperatura este mai aproape de grade Fahrenheit (- °C), iar în acel moment plăcile încep să crească la capetele coloanei Diagrama morfologică oferă o explicație simplă pentru originea coloanelor acoperite și a altor

tipuri de cristale complexe Nakaya obișnuia să remarce că fulgii de zăpadă sunt ca hieroglifele din cer Cu diagrama morfologică, se poate conecta forma unui cristal de zăpadă la condițiile atmosferice care l-au generat Structura unui cristal de zăpadă individual poate fi descifrată, ca și cum ar fi un fel de hieroglife meteorologice, pentru a dezvălui condițiile norilor în care s-a format Diagrama morfologică face și mai mult: ajută la explicarea diversității extreme a formelor cristalelor de zăpadă În special, diagrama arată că chiar și câteva grade de schimbare a temperaturii pot modifica dramatic comportamentul de creștere al unui cristal Pe măsură ce se deplasează prin nori, mici schimbări de temperatură și umiditate îi afectează dezvoltarea în moduri mari, dând forme complexe de cristal Vom reveni la diagrama morfologică de multe ori în această carte, deoarece diagrama a devenit un instrument esențial pentru înțelegerea naturii variabile a formării cristalelor de zăpadă distractie in familie Am redescoperit plăcerile privirii fulgilor de zăpadă la sfârșitul anului , în timpul unei vacanțe de Crăciun, vizitând o familie în orașul Grafton, în colțul de nord-est al Dakota de Nord Încă nu devenim adevărați pasionați de fulgi de zăpadă, dar am adus cu el o copie a lui Nakaya text clasic din , Cristale de zăpadă: naturale și artificiale Am achiziționat recent cartea de la un dealer de cărți rare și părea a fi o lectură interesantă (deși neobișnuită) de vacanță Astfel a început fascinația noastră totală față de subiect, iar acea vacanță de iarnă a devenit un punct de cotitură în studiul nostru despre fulgi de zăpadă Nakaya descrie o varietate de tipuri diferite de cristale de zăpadă în cartea sa, iar una dintre acestea este coloana cu capac, pe care el o numește un cristal Tsuzumi, după o tobă japoneză cu două fețe, având o formă similară Deoarece niciunul dintre noi nu mai întâlnise până acum acest cristal de zăpadă, gândul nostru inițial a fost că coloanele acoperite trebuie să fie teribil de rare și greu de găsit La urma urmei, am văzut o mulțime de fulgi de zăpadă stelari crescând, dar nimic nu seamănă cu cristalul Tsuzumi al lui Nakaya Câteva zile mai târziu am ieșit la o plimbare cu copiii pe Park River, care își croiește drum prin Grafton în timp ce șerpuiește spre râul Roșu al Nordului Iar prin "umblarea pe râu" nu ne referim de-a lungul râului; era Dakota de Nord în mijlocul iernii, așa că râurile erau toate înghețate și făceau trasee bune de mers pe jos Copiii noștri erau mici pe atunci și nu mai experimentaseră niciodată atât de multă zăpadă Se distrau încântător jucându-se pe râu, în ciuda frigului O zăpadă ușoară a început să cadă în timp ce eram în această ieșire, iar Rachel, dând dovadă de o previziune excelentă, adusese cu ea o lupă mică, pliabilă Am descoperit rapid o lege ciudată a naturii care pare să plaseze cei mai interesanți fulgi de zăpadă pe hainele altor oameni Trebuie să fi fost o priveliște ciudată - toți patru măcinam în mijlocul unui râu înghețat, scrutându-ne unul altuia paltoanele și șapcele de ciorapi cu mare interes Privire fulgi de nea | La început am văzut un număr de cristale hexagonale mici și câteva plăci stelare și, cu privirea continuă, am găsit destul de multe stele ramificate Din când în când găsim cristale stelare destul de mari și ornamentate Dar apoi, stai, care era acea formă anume? La prima vedere, arăta ca un "eu" majuscul, văzându-l din lateral, apoi ne-am dat seama brusc ce găsisem A fost prima noastră coloană limitată Bucură-te de fulgi de zăpadă Dacă se întâmplă să locuiți în țara zăpezii sau dacă călătoriți din când în când în locuri cu zăpadă, atunci vă recomandăm din toată inima să aruncați o privire atentă la zăpada care cade ori de câte ori aveți ocazia Natura oferă în liniște miliarde și miliarde de sculpturi de gheață rafinate care pur și simplu plutesc din nori, toate

nepermanente, aproape toate neobservate Fiecare ninsoare oferă o expoziție unică de artă de iarnă, iar spectacolul merită un public Ca o recreere de iarnă, vizionarea fulgilor de zăpadă este încântător de simplă și distractivă pentru toată lumea Necesită cea mai minimă investiție în timp sau echipamente Ai nevoie de puțin mai mult decât o lupă ieftină și o ninsoare blândă Dacă norii își fac rolul, atunci și tu s-ar putea să fii lovit de vederea unei stele magnifice de zăpadă, a unui fulg de zăpadă cu douăsprezece ramuri sau a primei tale coloane acoperite După cum a comentat odată Yogi Berra: "Poți observa multe doar urmărind " Nu fiecare ninsoare aduce fulgi de nea magnifici Uneori, mai ales când este relativ cald, o furtună va aduce puțin mai mult decât aglomerări care oferă puțin pentru studiu Cristalele se topesc puțin în zbor sau se ciocnesc și se lipesc înainte de a lovi pământul După cum a observat Henry David Thoreau, "de obicei, fulgii ajung la noi uzați de călătorie și aglomerați, comparativ fără ordine sau frumusețe, departe în jos în căderea lor, ca bărbații la vârsta lor înaintată" Când tot ceea ce vedem se potrivește cu această descriere, este posibil să ne lăsăm lupele și să încercăm din nou altă dată Cea mai bună vizionare a fulgilor de zăpadă pare să fie rezervată acele zile reci, liniștite și gri de iarnă Nevoia de frig decurge direct din diagrama morfologică, care ne spune că grade Fahrenheit (- °C) este temperatura ideală pentru găsirea de cristale stelare mari și ornamentate Dincolo de asta, însă, este dificil de prezis ce va cădea din nori, iar o rafală ușoară de cristale spectaculoase poate trece cu ușurință neobservată Niciun trompetist nu va anunța cei mai rafinați fulgi de artă înghețată Pur și simplu trebuie să fii vigilent, astfel încât să observi când ajung Dacă aveți vreun plan pentru a face săniușul, schiul, plimbările cu snowmobilul sau poate mergeți pe malul unui râu înghețat, nu uitați să vă aduceți lupa Dacă copiii vor fi prezenți, atunci vă sugerăm să împachetați în liniște o lupă și să o scoateți la lumină când este momentul potrivit, când observați niște cristale atrăgătoare pe mânecă Copiii se nasc curioși și le place să se uite la fulgi de zăpadă Într-o zi în care cristalele cad bine, vei fi răsplătit din plin pentru sârguința ta S-ar putea să atrageți chiar și o mulțime de privitori interesați, pe pârtia de schi sau oriunde, întrebându-vă despre ce este agitația Deși o simplă lentilă de mărire nu poate dezvălui toate detaliile minuscule dintr-un fulg de zăpadă, există multe obiective remarcabile pe care le poți găsi pe mâneca hainei tale Fotografiile nu pot transmite strălucirea pe care o vedeți în timp ce mișcați un cristal pentru a observa lumina care se joacă pe fațetele lui Adăugați la asta plăcerea liniștită de a privi fulgii plutind leneș pe pământ, plus entuziasmul de a descoperi cristale excepțional de bine formate și aveți o recreere de iarnă care nu trebuie ratată | capitolul doi vânătoare de comori | Nu știi niciodată ce ai putea găsi când vânezi fulgi de zăpadă Unele afișează modele ornamentate și ramificații elaborate, în timp ce altele au o simplitate elegantă, cu fațete asemănătoare oglinzii Fiecare ninsoare aduce ceva diferit Privire fulgi de nea | fosile de fulgi de nea rezerva un cristal de zapada in rasina si il poti impartasi cu prietenii si familia in confort a sufrageriei tale - propria ta fosilă personală de fulg de zăpadă Am făcut aceste două exemple folosind superglue și puteți face acest lucru cu ușurință singur Veți avea nevoie de câteva consumabile ieftine:) Un tub sau două de superglue lichid subțire - nu de tip gel - pe care le puteți găsi la farmacia locală sau la magazinul de hardware) Unele lame de microscop din sticlă și lamele de acoperire, care sunt ușor disponibile online, adesea ambele împreună

într-o cutie pentru mai puțin de USD) O pensulă mică, cu cât este mai mică, cu atât mai bine) O bucată de carton închis la culoare sau pânză închisă la culoare Răciți înainte toate aceste articole afară, de exemplu într-un garaj neîncălzit, într-o magazie din curte sau chiar sub o streașină Când cade zăpadă, lăsați niște cristale să aterizeze pe carton și aruncați o privire la ceea ce oferă natura Utilizați lupa pentru o vedere mai bună Când vedeți un cristal remarcabil, ridicați-l ușor cu pensula (este mai ușor decât pare) și puneți-l pe o lamă de sticlă curată Adăugați cu grijă o picătură bună de superglue rece chiar deasupra cristalului și puneți o lamâie deasupra acestuia După cum puteți vedea în exemplele de pe aceste două pagini, puteți prinde câteva bule de aer împreună cu fulgii de zăpadă în superlipici Toate acestea trebuie făcute afară, în frig, iar proviziile dumneavoastră trebuie să fie, de asemenea, reci Trebuie să ai grijă ca căldura mâinilor tale să nu topească cristalul și chiar și doar respirația pe fulgul tău de zăpadă poate fi dăunătoare Dacă descoperiți că cristalele se topesc indiferent de ceea ce faceți, atunci este posibil să trebuiască să așteptați o zi mai rece Manipularea fulgilor de zăpadă este în general mai ușoară în condiții mai reci; poate fi de-a dreptul frustrant când temperatura este chiar sub zero În cele din urmă, lăsați adezivul să se întărească cât timp rămâne la temperaturi sub îngheț, ceea ce poate dura până la o săptămână Dacă vremea se va menține rece, puteți lăsa toboganele afară într-un loc adăpostit Dacă nu, puneți-le în congelatorul din bucătărie După ce adezivul se întărește, diapozitivele pot fi aduse la temperatura camerei Fulgii tăi de zăpadă fosilizați, ca insectele prinse în chihlimbar, ar trebui să reziste la nesfârșit capitolul al treilea Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii "Unele dintre cele mai rafinate lucrări de mână ale Naturii sunt la scară miniatură, așa cum știe oricine cine a aplicat o lupă pe un fulg de nea " - Rachel Carson, Sense of Wonder, Cristalele de zăpadă pot fi găsite într-o diversitate minunată de dimensiuni și forme Unele forme sunt comune, apărând în majoritatea ninsorilor, în timp ce o serie de tipuri exotice sunt văzute doar rar Ceea ce găsiți depinde de condițiile meteorologice din nori, în special de temperatura și umiditatea din jurul fiecărui cristal pe măsură ce crește În acest capitol facem un scurt tur al menajeriei cu fulgi de nea, examinând diferitele tipuri de cristale și în ce condiții le puteți găsi Praf de diamant Începem turul nostru cu cele mai mici cristale de zăpadă, cunoscute în total ca praf de diamant Cristalele de zăpadă din praf de diamant au, de obicei, o dimensiune de doar câteva zecimi de milimetru, atât de mici încât o duzină sau mai multe ar putea încăpea într-o singură sământă de mac Cristalele individuale sunt aproape invizibile cu ochiul liber, dar le puteți vedea sclipind în lumina soarelui sau sub o lampă strălucitoare În zilele deosebit de reci, fără vânt, cristalele plutesc încet prin aerul din jurul tău ca niște particule de praf strălucitoare și de aici și-au primit numele Acestea sunt cele mai simple cristale de zăpadă, forma lor de bază fiind o prismă hexagonală, definită de două fațete bazale și șase fațete de prismă Variante Opus gheață magnifică | Acest cristal stelar de zăpadă a crescut încet, formând semne complicate de suprafață parcurgeți gama de la coloane hexagonale lungi și subțiri până la plăci hexagonale late și subțiri Majoritatea cristalelor de zăpadă își încep existența ca praf de diamant, dezvoltându-și modelele ramificate mai elaborate pe măsură ce cresc Cristalele de praf de diamant sunt comune în nori, dar mai puțin în apropierea pământului Petele minuscule de gheață sunt adesea atât de mici încât pot rămâne suspendate în aer la nesfârșit, la fel ca

picăturile de nor Cristalele mai mari de praf de diamant sunt cele mai frecvente în regiunile arctice, deoarece temperaturile friguroase produc adesea prisme mai simple, cu fațete plate, care strălucesc puternic În regiunile mai calde, cristalele sunt de obicei mai rotunjite sau mai modelate, astfel încât strălucirea lor nu este la fel de vibrantă prismă hexagonală | Această formă de cristal de zăpadă cea mai de bază este definită de opt suprafețe plane - două fațete bazale și șase fațete prisme Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | cei mai simpli fulgi de nea | În climatele temperate, cristalele de praf de diamant sunt practic prisme hexagonale, dar cele mai multe au unele modele suplimentare | capitolul trei fulgi de nea antarctici | Prismele cu fațete ascuțite se văd cel mai adesea în climatele extrem de reci Aceste cristale de praf de diamant au fost colectate la Polul Sud Walter Tape, Halouri atmosferice cristale simple | Aceste cristale de zăpadă minuscule, cultivate în laborator, nu mai mari decât diametrul unui păr uman, sunt simple prisme hexagonale l avish Br anching | Dendritele stelare asemănătoare ferigilor sunt o formă comună de cristal de zăpadă, iar dimensiunea lor mare face ca acești fulgi de nea să fie ușor de recunoscut DenDrite stelare Sarind de la cea mai mică la cea mai mare, urmează stelele de zăpadă ramificate sau dendrite stelare Cuvântul dendrit derivă din cuvântul grecesc pentru copac, iar aceste cristale de zăpadă prezintă șase ramuri principale flancate de ramuri laterale suplimentare Când ramificarea laterală este deosebit de extravagantă, cristalele seamănă cu ferigi de grădină din dantelă, așa că acestea sunt numite dendrite stelare asemănătoare ferigilor Dacă un cristal stelar nu are ramuri laterale deloc, îl numim o stea simplă Dendritele stelare cad cu dimensiuni de până la aproximativ un sfert de inch (aproximativ milimetri) - uneori chiar mai mari Le puteți observa cu ușurință pe mâneca hainei și obțineți o vedere clară folosind doar o simplă lupă Deși mare în diametru, dendritele stelare sunt surprinzător de subțiri și plate; un exemplar mare ar putea fi de o sută de ori mai lat decât este gros Aceste cristale pun "fulgul" în fulg de zăpadă Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | hârtie subțire | Vizionarea dendritelor stelare din lateral dezvăluie că acestea sunt remarcabil de subțiri și asemănătoare plăcilor Dendritele stelare sunt printre cele mai comune dintre tipurile de cristale de zăpadă Se formează atunci când temperatura este aproape de de grade Fahrenheit (- °C) și, de asemenea, când este aproape de grade Fahrenheit (- °C), așa cum se vede în diagrama morfologiei cristalelor de zăpadă Uneori, o ninsoare poate scădea aproape în întregime dendrite stelare Dacă bate puțin vânt, fulgii subțiri coboară leneși din nori într-un mod cât se poate de negrabă, îmbrățișând peisajul într-o ninsoare senină Fotografii cu fulgi de zăpadă sunt întotdeauna bucuroși să vadă dendrite stelare căzând din nori, deoarece natura își pune în aplicare talentele artistice complete atunci când realizează aceste cristale strălucitoare Modelele lor complicate ramificate fac din dendritele stelare o bucurie pentru ochi și un subiect excelent pentru cameră Dendritele stelare asemănătoare ferigilor sunt cristalele de zăpadă cu cea mai rapidă creștere, atingând dimensiunea maximă în modele ornate | Dendritele stelare pot fi găsite într-o varietate minunată de forme și dimensiuni | capitolul trei doar cincisprezece minute Creșterea lor rapidă conduce la formarea multor ramuri laterale distanțate neregulat Deși are o structură complexă, o dendrită stelară asemănătoare unei ferigi este încă un singur cristal de gheață, astfel încât moleculele de apă sunt toate aliniate de la vârf la vârf Ca rezultat, fiecare ramură laterală crește spre exterior la un unghi de de grade față de ramura sa

principală, iar ramurile laterale sunt paralele cu ramurile primare învecinate Schiorii cu pulbere sunt deosebit de fericiți să vadă o furtună care aruncă o mulțime de dendrite stelare asemănătoare ferigilor Ramurile ghimpate și greutatea ușoară a acestor cristale înseamnă că acestea se împachetează liber împreună când aterizează Dacă stratul de zăpadă rezultat este suficient de ușor, se poate numi "pulbere de șampanie" Acesta este genul de zăpadă efervescentă care dă schiorilor senzația că plutesc pe pârtii praf de șampanie Der | Căderile de zăpadă produc adesea cristale de dendrită stelară aproape în întregime, care se împachetează liber împreună când aterizează Dendritele stelare asemănătoare ferigilor oferă cel mai bun schi cu pulbere sau Der an D r an Domness | Fiecare ramură laterală din aceste dendrite stelare asemănătoare ferigilor este paralelă cu vecinul său ramura principală, în timp ce distanța dintre ramurile laterale este neregulată Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | Tipare distinctive Variația nesfârșită este semnul distinctiv al dendritelor stelare Opus monstru cristal de zăpadă | După cunoștințele noastre, acesta este cel mai mare cristal de zăpadă fotografiat vreodată - o dendrită stelară asemănătoare unei ferigi care măsoară puțin peste mm (, inchi) de la vârf la vârf Am asistat la astfel de cristale mari doar de două ori, de ambele ori în Cochrane, Ontario, și de ambele ori pentru doar câteva minute scurte Fiecare ramură deține ramuri laterale de prima generație împreună cu ramuri laterale de a doua, a treia și chiar a patra generație Ramificarea laterală de ordin superior ca aceasta este rară în cristalele de zăpadă Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | modele complicate | Plăcile stelare sunt adesea înfrumusețate cu semne de suprafață izbitoare plăci stelare Când cristalele stelare prezintă ramificații laterale mici sau deloc, ele sunt numite plăci stelare cu ramuri largi sau doar plăci stelare Aceste cristale sunt de obicei mai mici decât dendritele stelare, dar cresc la aceleași temperaturi, în jur de grade Fahrenheit (- °C) sau grade Fahrenheit (- °C) După cum se poate vedea în diagrama morfologică, nivelul de umiditate determină cantitatea de ramificare laterală în cristale sub formă de plăci Plăcile simple și plăcile stelare apar la cele mai scăzute niveluri de umiditate, progresând la dendrite stelare și în cele din urmă la dendrite stelare asemănătoare ferigilor pe măsură ce umiditatea crește În timp ce plăcile stelare au un contur mai simplu decât dendritele stelare, ele prezintă adesea un model elegant de suprafață Uneori, crestele, șanțurile și alte caracteristici ale suprafeței prezintă un grad extraordinar de simetrie de șase ori, care nu se găsește în alte tipuri de cristale de zăpadă Plăcile stelare includ uneori regiuni largi, netede, care sunt aparent împărțite în sectoare de creste în gheață, iar aceste cristale sunt numite plăci sectorizate Cea mai simplă farfurie sectorată este o farfurie hexagonală fără trăsături, împărțită în șase părți, ca felii egale de plăcintă hexagonală Linia de despărțire dintre diferitele tipuri de cristale de zăpadă este rareori ascuțită, iar sectorul Opus comparatie marimi | Această imagine compozită arată dimensiunile unor cristale de zăpadă în comparație cu un ban | capitolul trei • | capitolul trei placa oferă un bun exemplu al ambiguității rezultate Nu există reguli absolute care să definească cât de proeminente trebuie să fie crestele înainte ca un cristal să fie numit o placă sectorată Linia de despărțire dintre placa stelară și dendrita stelară este, în mod similar, puțin neclară Numirea fulgilor de zăpadă nu este o știință exactă sector simplu D pl ate | Placa sectorială arhetipală este un simplu hexagon împărțit prin creste în șase sectoare coloane și ace Coloanele și acele sunt membrii adesea

ignorați ai familiei cristalelor de zăpadă Îndrăznim să spunem că nu veți găsi niciun fulgi de zăpadă în formă de coloană sau ace reprezentați în reclamele de sărbători la mall-ul dvs local În lumea reală, totuși, aceste cristale sunt obișnuite, iar multe zăpadă sunt formate predominant din coloane de gheață și ace Ele sunt în general mai mici decât cristalele stelare, așa că sunt ușor de trecut cu vederea pe mâneca ta O lupă oferă o vedere bună, dar este necesar un microscop pentru a vedea detaliile mai fine ale acestora Coloanele și acele se formează cel mai adesea când temperatura este aproape de de grade Fahrenheit (- °C), deși coloane robuste pot fi găsite și atunci când temperatura este foarte rece, mai jos în jur - grade Fahrenheit (- °C) Forma lor generală este cea a unei coloane hexagonale zvelte, ca un creion de lemn, dar fațetarea este frecvent rotunjită și nu apare Coloanele mai groase conțin adesea goluri conice la ambele capete Picioare de rață | Ramurile despărțite ale acestor trei cristale cu plăci sectorate seamănă cu picioarele palmare fiecare unic | Plăcile stelare (opuse) apar într-un sortiment nelimitat de forme și modele Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | coloane goale | Cristalele coloane se dezvoltă adesea cu spații conice goale la ambele capete split en Ds | Capetele coloanelor se despart adesea pe măsură ce cresc, producând grupuri de ace | capitolul trei pe ace sau D sau Dles | Unele ninsori aduc în principal coloane și cristale ac Pe cei din fotografia de mai sus i-am surprins punând un tobogan de sticlă în zăpada care cădea pentru câteva minute Rozete glonț | Când mai multe coloane cresc dintr-un centru comun, ele au o formă de gloanțe, iar grupul se numește "rozetă de glonț" Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | Coloane acoperite Coloanele acoperite trebuie să fie preferatele noastre dintre cele mai exotice tipuri de cristale de zăpadă În primul rând, sunt suficient de comune încât să găsești câteva dacă mergi să le cauți În al doilea rând, vin într-o mare varietate de forme și dimensiuni, făcându-le distractive de privit În cele din urmă, multe dintre ele au un aspect pur și simplu ciudat și știi până acum că ne referim la asta în cel mai măgulitor mod posibil Pentru a înțelege formarea unei coloane acoperite, trebuie doar să te uiți la diagrama morfologică și să reții că temperatura se poate schimba în timp ce un cristal crește Un scenariu tipic de coloană acoperită începe puțin sub de grade Fahrenheit (- °C), dând un cristal colonar robust Apoi coloana se mută într-un loc mai rece, unde temperatura este sub grade Fahrenheit (- ° C), iar plăcile cresc la fiecare dintre capete coloana cappe D | Această imagine arată o coloană clasică cu plafon, așa cum o puteți vedea pe mânecă Am adăugat puțină iluminare roșie când facem fotografia | capitolul trei trei vederi | Aceste imagini arată trei vederi ale unei singure coloane de cristal acoperite: din lateral (stânga); de la un capăt, concentrându-se pe placa de sus (din mijloc); și aceeași vedere, dar concentrându-se pe placa de jos (dreapta) surprinzător de comun | Coloanele acoperite au o formă distinctă și pot fi găsite în multe ninsori Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | Farfurii duble O placă dublă este o coloană scurtă în care o placă este substanțial mai mare decât cealaltă Când te uiți îndeaproape la plăcile stelare, descoperi că multe sunt plăci duble Farfuria mai mică este ca fratele unei celebrități - este acolo, dar adesea trece neobservată Discrepanța de dimensiune dintre cele două plăci apare deoarece acestea încep să crească în imediata apropiere, astfel încât concurează pentru vaporii de apă din aer Dacă o farfurie iese puțin mai departe decât cealaltă devreme, atunci începe să-și umbrească farfuria fratelui, împiedicându-i creșterea Curând, o farfurie este aproape complet umbrită de cealaltă

farfurie zburătoare | Această fotografie prezintă un cristal de zăpadă cu două plăci văzut din lateral Opus înmulțiți coloanele cappe D | Când cristalele columnare dezvoltă două plăci de capăt și plăci laterale suplimentare, așa cum se arată în exemplele de pe această pagină, ele se numesc coloane cu capac înmulțit aceste DDen hexagoni | La prima vedere, cristalul din prima fotografie de mai sus pare a fi o placă stelară standard Dacă te uiți cu atenție, însă, poți vedea o a doua farfurie; are o formă hexagonală, ușor defocalizat și aproximativ o treime din dimensiunea plăcii principale A doua poză arată ceva similar, de data aceasta cu o placă hexagonală deformată În fiecare caz, cele două plăci sunt ținute împreună doar de micile noburi din centrul fiecărui cristal Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | plăci despicate și stele O altă variantă a coloanei acoperite apare atunci când o parte a unei plăci crește la dimensiunea maximă, însoțită de partea complementară a celeilalte plăci Numim aceste cristale plăci despicate sau stele despicate Formarea cristalelor despicate este similară cu plăcile duble, oferind un alt exemplu de rivalitate între frați înghețați Dar, în loc ca o placă să o umbrească pe cealaltă, părți diferite ale celor două plăci devin dominante placa despicata | Această placă despicată este realizată din două semiplăci ținute împreună de o coloană centrală scurtă stele despicate | Steaua despicată din fotografia de sus are două ramuri pe o farfurie și patru pe cealaltă Doar nodul mic din centru ține cele două părți împreună Fotografia de jos arată o bucată dintr-o stea spartă | capitolul trei a Br anche D triangul ar crystal | Unele cristale triunghiulare dezvoltă ramuri cu o simetrie neobișnuită cristale triunghiulare Suntem adesea surprinși de câte cristale triunghiulare găsim Ele sunt în esență aceleași cu plăcile hexagonale, cu excepția faptului că trei dintre fețele prismei au crescut mai repede decât celelalte trei, rezultând un triunghi cu vârfuri trunchiate Cum forma acestor cristale este un pic un mister, dar se pare că efectele aerodinamice joacă un rol în promovarea formei triunghiulare Cristalele triunghiulare sunt predominante în special lângă de grade Fahrenheit (- °C) Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | trunchie triunghiuri D | Majoritatea cristalelor de zăpadă triunghiulare sunt plăci mici | capitolul trei STELE ANCHATE DE DOISprezece BR Un alt tip de fulg de nea surprinzător de comun este steaua cu douăsprezece ramuri, care arată ca un fulg de nea stelar normal, cu excepția faptului că are douăsprezece ramuri în loc de șase Se pare că două cristale cu șase ramuri s-au ciocnit în timpul zborului pentru a crea acest design Deoarece o stea cu douăsprezece ramuri nu este făcută dintr-un singur cristal de gheață, numim asta un fulg de zăpadă, nu un cristal de zăpadă Rămâne puțin nedumerit cum coliziunile aleatorii produc atât de multe stele cu douăsprezece ramuri frumos formate Răspunsul este probabil doar o părtinire de selecție când se caută exemplare fotogenice Dacă o coliziune merge bine, cu centre aproape coincidente și o separare de de grade între ramuri, atunci fulgul de nea crește într-o stea cu douăsprezece ramuri Dacă ciocnirea nu merge atât de bine, creșterea ulterioară dă un amestec dezordonat de gheață Avem tendința de a ignora amestecurile înghețate când fotografiem, în timp ce stelele bine formate ne captează atenția Indiferent de originea lor, aceștia sunt fulgi de nea cu aspect distinctiv și suntem întotdeauna încântați să găsim unul bun Dacă ești atent la stelele cu douăsprezece ramuri, le vei găsi și pe ele FULGI DE ZAPAA ANCHATI DE DOISprezece BR | Fiecare dintre acești fulgi de zăpadă cu douăsprezece ramuri este făcut dintr-o pereche de cristale de zăpadă cu șase ramuri unite între ele Un ghid de

câmp pentru căderea zăpezii | o Bscure D By rime | Cele șase ramuri ale acestui fulg de zăpadă sunt acoperite de un strat gros de cremă rime fulgi de nea Când un cristal de zăpadă se ciocnește cu picăturile de nor în lumină, picăturile îngheață pe suprafața cristalului; în agregat aceste picături se numesc rime Dacă un fulg de zăpadă este făcut în principal din particule de cremă, atunci se numește graupel sau grindină moale În opinia noastră, o praf de cremă este ca o stropire de noroi - în general, nu îmbunătățește aspectul cuiva | capitolul trei Blemish D Frumusețe | Acest cristal a crescut la dimensiunea maximă înainte de a acumula o praf de particule de cremă Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | îngheţ Cristalele de îngheț sunt legate de cristalele de zăpadă, deoarece ambele cresc în același mod, prin absorbția vaporilor de apă din aerul înconjurător Înghețul nu este rouă înghețată, la fel cum fulgii de zăpadă nu sunt picături de ploaie înghețate Deoarece ambele cresc din vapori de apă, cristalele de îngheț și cristalele de zăpadă urmează aceleași reguli de creștere, producând structuri asemănătoare Diagrama morfologiei cristalelor de zăpadă se aplică și la ambele, deci cristalele de îngheț apar ca o placă sau columnar la diferite temperaturi Când înghețul apare peste noapte pe iarbă, de obicei formează cristale de gheață minuscule Aspectul general este ca un praf de pulbere albă și puteți trece cu ușurință cu vederea cristalele individuale de îngheț Cu toate acestea, dacă scoateți lupa și vă puneți fața acolo pentru o privire atentă, puteți vedea structuri care seamănă cu cristalele de zăpadă Uneori, cristale de îngheț mai mari cresc pe crengile copacilor, stâlpii de gard sau alte suprafețe, iar acestea se numesc brumă Ele pot crește pentru perioade îndelungate la dimensiuni care sunt de multe ori mai mari decât fulgii de zăpadă, producând niște cristale superbe Când bruma crește aproape de grade Fahrenheit (- °C), Don Komarechka structurile cristaline sunt asemănătoare plăcilor și cu frunze, asemănătoare cu ramuri mari dintr-un cristal de zăpadă dendrită stelar Când temperatura este aproape de de grade Fahrenheit (- °C), cristalele de brumă formează cupe și suluri care sunt în esență cristale de zăpadă extra-mari, cu coloană goală Bruma nu este deosebit de comună, cu excepția cazului în care o sursă abundentă de vapori de apă este în apropiere, de exemplu din apă curgătoare sau dintr-un izvor fierbinte Pe suprafețele bancurilor de zăpadă se formează adesea brumă, iar apoi se numește brumă de suprafață Fiind gheață pe gheață, aceste cristale trec adesea neobservate Dar când vezi soarele scânteind de pe un banc de zăpadă, sclipirile strălucitoare provin probabil de la fațetele cristalelor de suprafață care s-au format cu o noapte înainte În cazul înghețului ferestrelor, formațiunile de gheață îmbrățișează suprafața sticlei și, de obicei, seamănă puțin cu cristalele de zăpadă Înghețul ferestrelor urmează adesea zgârieturi, dungi și vârtejuri care au rămas în urmă când sticla a fost ultima curatare Modelul intrinsec de pe suprafața de sticlă se combină cu structurile cristaline de gheață pentru a crea o varietate minunată de afișaje Bunicii tăi probabil au văzut mai mult îngheț pe fereastră decât tine, deoarece se formează rar pe ferestrele moderne cu geam dublu Ca și în cazul fulgilor de zăpadă buni, cristale frumoase de îngheț de toate soiurile sunt acolo dacă mergi să le cauți Observarea noastră preferată de brumă a fost acum mulți ani la ferma familiei noastre din Dakota de Nord Rachel a ridicat husa scaunului într-o anexă abandonată de mult și a găsit niște cristale spectaculoase în formă de ceașcă pe suprafața sa inferioară Capacul era mai rece decât groapa de dedesubt, așa că convecția a adus încet vaporii de apă din adâncuri În acest loc retras, cristalele crescuseră probabil netulburate de

săptămâni, iar unele dintre cupe aveau aproape diametrul unui deget Cu orice alt nume Câte tipuri diferite de fulgi de zăpadă există? Am examinat formele mai comune în acest capitol, dar, de fapt, nu există un răspuns la această întrebare Nu există o clasificare absolută a diferitelor tipuri de fulgi de zăpadă și nu poate exista niciodată una Pentru a înțelege dilema de a numi fulgi de nea, luați în considerare o altă întrebare: câte culori numite există? Există standarde, desigur - roșu, verde, albastru, galben, portocaliu etc - dar există o listă completă a tuturor numelor de culori? Nu, și nu poate exista niciodată o listă definitivă Numele culorilor depind de cine face denumirea Producătorii de creioane Crayola, cu siguranță o autoritate cinstită în acest subiect, inventează de culori standard, inclusiv Jazzberry Jam, Blizzard Blue, Outer Space, Neon Carrot și Fuzzy Wuzzy (Nu ne amintim nimic din acestea din cutiile noastre de creioane creionate, dar vremurile s-au schimbat) Compania de vopsea Sherwin-Williams are propriul tabel cu peste de culori Thewhitesalone numărul , inclusiv Origami White, Feather White, Alluring White, Frosty White, Superwhite, Nouvelle White, Nebulous White, Nonchalant White și Snowfall Obtii poza În timp ce multe diagrame de culori sunt folosite în mai multe scopuri, pur și simplu nu există o listă absolută de nume de culori Numim fulgii de zăpadă din același motiv pentru care numim orice - astfel încât să putem vorbi mai ușor despre ei Anumite cristale de zăpadă au un aspect comun și distinctiv, iar acestea au nume destul de bine definite Plăcile stelare, dendrite stelare, dendrite stelare asemănătoare ferigilor, coloane goale și coloane acoperite fac parte din vocabularul fulgilor de zăpadă de ceva timp Treci mult dincolo de asta, totuși, iar opiniile diferă În efortul de a fi incluzive, probabil, tabelele cu tipuri de fulgi de zăpadă au devenit mai mari cu timpul În anii , cea mai mare diagramă de clasificare includea de membri Acest număr a sărit la în anii , iar recent a apărut un nou tabel cu de tipuri diferite de fulgi de zăpadă Graficul de pe pagina de față arată clasificarea noastră preferată pentru fulgi de zăpadă Deoarece nu poate exista un catalog final, definitiv, am redus numărul pentru a face o diagramă care este convenabilă pentru vizionarea fulgilor de zăpadă Descriem multe dintre aceste tipuri de fulgi de nea în paginile precedente, iar graficul vă oferă o idee despre ce alte tipuri de fulgi de nea ați putea întâlni Când ieșiți afară pentru a privi zăpada care cade, lupa în mână, puteți folosi această diagramă pentru a vă ghida căutarea fulgilor de nea exotici Este mai probabil să vezi un cristal triunghiular, o rozetă glonț sau o placă dublă, dacă știi că există | capitolul trei forme de fulgi de nea | Acest grafic prezintă cele mai frecvente tipuri de fulgi de zăpadă Un ghid de câmp pentru căderea zăpezii | fulgi de nea ciudati Într-una dintre vizitele noastre de fotografiere cu fulgi de zăpadă la Fairbanks, Alaska, am întâlnit cristalele ciudate de zăpadă ilustrate aici Vremea a fost neobișnuit de caldă în acea zi de ianuarie, cu temperaturi puțin sub nivelul de îngheț și a fost puțin vânt Cristalele care cădeau erau mici, așa că am întins o jumătate de duzină de lame de sticlă ca suprafață de colectare și apoi am scanat diapozitivele unul câte unul sub fotomicroscop pentru a vedea ce am putea găsi În cea mai mare parte, am văzut cristale granulare deformate, care nu erau prea multe de privit, dar am continuat să căutăm Apoi, dintr-o dată, am început să găsim niște cristale cu adevărat bizare Din graficul nostru cu forme de fulgi de zăpadă (pagina), puteți vedea că cristalele prezentate aici sunt un hibrid curios de mai multe soiuri diferite Folosind diagrama morfologică, putem deduce că aceste cristale au experimentat mai multe

schimbări bruște de temperatură în nori Ei trebuie să fi trecut de la creșterea columnară la creșterea în formă de placă și apoi din nou la o creștere columnară în timpul dezvoltării lor Este neobișnuit ca un singur cristal de zăpadă să experimenteze aceste multe schimbări extreme de temperatură, așa că nu veți întâlni prea des astfel de cristale ciudate Condițiile atmosferice neobișnuite care au produs aceste cristale au durat doar vreo zece minute În sport, oamenii spun că ratezi fiecare lovitură pe care nu o faci În vizionarea fulgilor de zăpadă, îți lipsesc toate cristalele care cad când nu te uiți Ne întâlnim cu cristale inedite în principal pentru că continuăm să vânăm Nu știi niciodată ce fel de fulgi nebuni vor apărea de la un minut la altul c ha p te r f ou r Vremea cu fulgi de nea "Natura este mereu la lucru construind și trăgând în jos, creând și distrugând, menținând totul să se învârtească și să curgă, fără să permită odihnă decât în mișcare ritmică, alungând totul într-un cântec nesfârșit dintr-o formă frumoasă în alta " - John Moore, parcurile noastre naționale, Fulgii de zăpadă sunt fabricați în atmosferă într-un ritm uluitor - din datele despre zăpadă, calculăm aproximativ un milion de miliarde de cristale în fiecare secundă La fiecare zece minute, este suficientă zăpadă pentru a forma o armată de oameni de zăpadă de neoprit, una pentru fiecare persoană din lume De-a lungul istoriei pământului, de aproximativ zece ori masa planetei a plutit la suprafața sa sub formă de cristale minuscule de gheață Pepinierele care produc acest număr mare de fulgi de zăpadă nu sunt altele decât norii care umplu cerul într-o zi de iarnă Putem afla câteva lucruri despre fulgii de zăpadă aruncând o privire asupra norilor în care sunt creați: de unde provin, din ce sunt alcătuiți și cum aduc cristale de zăpadă într-o varietate atât de nesfârșită Data viitoare când vă uitați la cerul gri de iarnă și întrebați dacă va ninge astăzi, faceți o pauză pentru a vă gândi la ceea ce trebuie să se întâmple acolo sus pentru a genera aceste structuri cristaline minunate Opus Născut din clou D | Am găsit acest cristal de zăpadă dendrită stelar în Cochrane, Ontario făcând o furtună de zăpadă Dacă ai vrut să imită natura și să creezi o furtună de zăpadă, primul tău pas ar fi să evaporezi puțină apă pentru a face vapori de apă Un banc de nori de dimensiuni bune conține poate un milion de tone de apă, deci sau nu, așa că oala de pe aragaz nu este probabil suficientă pentru sarcină În natură, acest pas se realizează în principal prin evaporarea din oceane, lacuri și râuri, alimentată de căldura de la soare Când vaporii de apă sunt în aer, următorul pas este să răcești aerul, astfel încât să se formeze nori Răcirea face ca umiditatea relativă să crească, iar la % se spune că aerul este saturat cu vapori de apă Răciți mai mult aerul și umiditatea crește peste la sută, iar apoi aerul este suprasaturat Când se întâmplă acest lucru, excesul de vapori de apă începe să caute o modalitate de a se condensa Dacă suprasaturați aerul aproape de pământ, să zicem în curtea dvs , atunci vaporii de apă se vor condensa sub formă de rouă pe iarbă A produce Vremea cu fulgi de nea | bucatarie evidentiaza Ds | Încălzirea unui vas cu apă pune vapori de apă în aer, care se condensează în picături mici pe măsură ce aerul se răcește chiar deasupra oală Pe măsură ce picăturile continuă să se miște în sus, ele se evaporă și dispar Puteți vedea norul de picături de apă lichidă deasupra oală, dar vaporii de apă sunt invizibili nori, trebuie să vă răcoriți pachetul de aer deasupra solului În atmosferă, fără alte suprafețe disponibile, excesul de vapori de apă se condensează în particule microscopice de praf care sunt întotdeauna abundente în aer Vaporii de apă se transformă în minuscule picături de apă, iar fiecare dintre aceste

nenumărate picături conține o bucată de praf Deși vaporii de apă sunt un gaz invizibil, picăturile de apă sunt vizibile colectiv ca un nor Spre deosebire de picăturile de ploaie, aceste picături de nor sunt atât de mici încât nu cad, ci rămân suspendate la infinit, deoarece sunt purtate de vânt înghețând un nor Următorul pas în furtuna dvs de zăpadă de casă este să continuați să vă răciți pachetul de aer, care conține acum un nor, până când picăturile de apă lichidă încep să înghețe Ai putea crede că acest lucru s-ar întâmpla chiar la de grade Fahrenheit (°C), deoarece acesta este punctul normal de îngheț al apei Dar de fapt trebuie să te răcești, astfel încât picăturile de apă devin suprarăcite Temperatura necesară pentru a îngheța o picătură de apă depinde de ce fel de praf conține Acele particule de praf captive nucleează procesul de înghețare, iar acest lucru se poate întâmpla numai sub punctul de îngheț În plus, unele particule de praf fac acest lucru mai bine decât altele În mod obișnuit, picăturile de nor trebuie să fie răcite undeva între de grade Fahrenheit (- °C) și grade Fahrenheit (- °C) înainte de a se transforma în gheață Îndepărtați praful și picăturile de apă foarte pură pot fi suprarăcite la aproape - de grade Fahrenheit (- °C) înainte de a îngheța Un fulg de zăpadă începe să crească imediat după ce o picătură de nor microscopică îngheață Pe măsură ce bucata de gheață nou înghețată plutește prin nor, captează molecule de vapori de apă din aerul înconjurător și devine mai mare Ca rezultat, aerul devine ușor mai uscat în jurul cristalului în creștere, determinând picăturile de lichid din apropiere să se evapore încet Este nevoie de cincisprezece minute până la o oră pentru a crește un fulg de zăpadă de dimensiuni bune În acest timp, aproximativ o sută de mii de picături din apropiere se vor fi evaporat pentru a furniza vapori de apă pentru a face doar un fulg de zăpadă Pe măsură ce un fulg de zăpadă crește și devine mai greu, în cele din urmă începe să cadă După ce părăsește norii, fulgul de nea nu mai are o sursă pregătită de vapori de apă, așa că nu mai crește De atunci, cristalul se deplasează încet în jos, cu o viteză tipică de aproximativ o milă pe oră | capitolul patru fulgi de nea din clou D Picaturi | Un fulg de zăpadă începe să crească atunci când o picătură de nor îngheață Cristalul de gheață crește prin captarea vaporilor de apă din aerul înconjurător, determinând evaporarea picăturilor din apropiere Aproximativ o sută de mii de picături de nor furnizează suficienti vapori de apă pentru a face un singur fulg de zăpadă Vremea cu fulgi de nea | supercool D clou Ds | Norii de iarnă sunt adesea formați din picături de apă lichidă care au fost suprarăcite sub punctul de îngheț prea rece ca să ningă Când vremea este deosebit de rece, s-ar putea să auzi oamenii spunând că "e prea frig să ningă" Opiniile variază cu privire la momentul în care acest vechi adagiu ar trebui îndepărtat de praf și exercitat, dar s-ar putea să îl auzi oricând temperatura este sub grade Fahrenheit (- °C) Puteți vedea adevărul în această afirmație uitându-vă la viața unui nor de zăpadă Norii încep de obicei ca picături de apă lichidă, chiar și iarna Pe măsură ce temperatura scade, unele picături îngheață și multe altele se evaporă pentru a face fulgi de zăpadă, așa cum tocmai am descris Dacă temperatura continuă să scadă, mai multe picături îngheață și se formează mai mulți fulgi de zăpadă Până când temperatura a scăzut la grade Fahrenheit (- °C), picăturile rămase sunt aproape toate înghețate, iar norul devine un nor cirrus format în întregime din cristale de gheață minuscule Fără picături de lichid în suspensie, nu există exces de vapori de apă pentru a face fulgi de zăpadă Acum a devenit prea frig să ningă Există puține absolute când vorbim despre vreme, așa că niciodată nu este absolut prea frig pentru a ninge Chiar

și în climatele arctice, unde temperatura ar putea fi de - grade Fahrenheit (- °C), întâlnești uneori o rafală ușoară de cristale de praf de diamant cu fațete ascuțite Dar aerul rece este aer uscat, așa că ratele de creștere sunt lente, iar cristalele sunt aproape întotdeauna mici Poate ninge la temperaturi scăzute, dar nu ninge mult geografia contează Dacă ați încerca cu adevărat să vă proiectați propria zăpadă în urma procesului menționat anterior, ați găsi acești pași de răcire ca fiind deosebit de provocatori Natura își face treaba folosind o serie de trucuri, dintre care unul se numește ridicare orografică Practic, vântul ridică aerul împingându-l în sus pe coasta unui munte Aerul se extinde pe măsură ce merge la o altitudine mai mare, iar această expansiune răcește aerul Împingeți aerul suficient de sus, suficient de repede și devine suprasaturat Urmează nori și apoi ploaie sau ninsoare Gama Sierra Nevada din California vede o mare creștere orografică Munții interceptează vânturile umede care vin din Oceanul Pacific, producând cantități abundente de zăpadă Ca urmare, orașul montan Tamarack, California, este unul dintre cele mai înzăpezite locuri din America de Nord Unul dintre înregistrările de precipitații ale lui Tamarack se menține încă din , când orașul a cunoscut cea mai mare zăpadă din Statele Unite într-o singură lună - de picioare (, metri) Un front de furtună este un alt truc pe care natura îl folosește pentru a face zăpadă Meteorologii de la TV subliniază adesea fronturile de furtună care se apropie pe hărțile meteo, deoarece acestea sunt acolo unde este posibilă ploaie sau ninsoare Pe scurt, vânturile îndepărtate împing o masă de aer în sus și peste alta, producând un rezultat care seamănă mult cu ridicarea orografică: aerul în creștere se extinde și se răcește, producând nori și precipitații | capitolul patru Fă-ți partea iată de fapt un pic din tine în imaginile cu fulgi de nea pe care le vezi în această carte Asta pentru că chiar și tu, chiar în acest moment, aduci o contribuție la aprovizionarea cu apă atmosferică Puneți apă în aer de fiecare dată când expirați De fapt, tu personal pui atât de multă apă în aer încât aproape sigur unele dintre moleculele tale de apă transformă-l în acești fulgi de zăpadă Expirați aproximativ un litru de apă pe zi și cea mai mare parte din apă plouă sau ninge din nou undeva în decurs de o săptămână sau două Totalul global precipitațiile sunt de aproximativ de ori mai mari decât cantitatea de apă pe care o expirați, deci impactul dumneavoastră asupra vremii este destul de mic Dar chiar dacă contribuiți cu doar / din conținutul total de apă dintr-un fulg de zăpadă, înseamnă totuși aproximativ de molecule Depinde de cât de bine sunt amestecate lucrurile în atmosferă, dar probabil că există, aproximativ, aproximativ o mie de molecule ale tale capturate în fiecare imagine de fulg de nea Vă mulțumim pentru contribuție și vă rugăm să continuați treaba bună Andrey Arkusha/Shutterstock L ake- efect Zăpadă | Când aerul rece suflă peste suprafața unui lac mai cald, cantități mari de apă se evaporă în aer Se formează nori și pot rezulta ninsori abundente | Capitolul patru furtuna perfectă (de zăpadă) Am experimentat un front de furtună de iarnă deosebit de memorabil pe ianuarie , în micul oraș canadian Cochrane, Ontario Era un front staționar, așa că un munte invizibil de aer cu greu se clinti, când altul împinge încet peste el Acel front a stat peste noi toată ziua, producând o ninsoare ușoară continuă Pentru a fotografia fulgi de zăpadă, aceasta a fost furtuna perfectă Temperatura s-a situat în jurul valorii de grade Fahrenheit (- °C), perfectă pentru creșterea cristalelor stelare mari Norii erau jos, așa că cristalele care aterizează pe tabla noastră de colectare erau toate proaspăt făcute cu fațete ascuțite Bătea puțin vânt și cele mai

superbe cristale au plutit ușor în jos timp de opt ore consecutive Am făcut peste de poze cu fulgi de zăpadă în acea zi, surprinzând unele dintre cele mai frumoase cristale stelare pe care le-am văzut Eram aproape înghețați până când acel front minunat a trecut în sfârșit mai departe Zăpadă cu efect de lac Un alt truc al naturii pentru a face nori este amestecarea aerului rece cu aer cald și umed, obținând aer suprasaturat la o temperatură intermediară Acest lucru se întâmplă atunci când un vânt rece suflă peste un lac neînghețat, iar un bun exemplu este vântul de nord din Canada care aduce aer rece peste Lacul Superior și în Peninsula Superioară a Michigan Când vântul rece lovește lacul mai cald, vezi aburi ridicându-se de la suprafață Numiți-i abur, numiți-i ceață sau numiți-i nor jos; toate acestea sunt cuvinte pentru în esență același lucru - o ceață de picături de apă minuscule Transportați acel aer abur în sus și în afara lacului, iar în aval de vânt este posibil să experimentați o ninsoare abundentă Acest fenomen se numește zăpadă cu efect de lac Ken a avut un sejur încântător într-un ianuarie în Houghton, Michigan, care se află aproape de sud Vremea cu fulgi de nea | malul Lacului Superior și este astfel bine situat pentru zăpadă cu efect de lac Zăpada medie în Houghton în ianuarie este de aproximativ un inch pe zi și asta a experimentat el - aproximativ un inch, lentă și constantă, aproape în fiecare zi Zăpada din Houghton seamănă mult cu ploaia din Seattle; pare a fi pornit mai des decât oprit Pentru a fotografia fulgii de zăpadă, toată această zăpadă a fost grozavă, dar locuitorii au găsit-o obositoare De la fereastra motelului său, Ken se uita la un tip îndrăzneț care își dădea cu lopata aleea aproape în fiecare seară Poate că plugul de zăpadă i-a fost rupt, sau poate că și-a dorit exercițiul, dar a îndeplinit această sarcină în mod demodat, cu lopata în mână Apoi, într-o zi, zăpada aproape constantă a încetat și a ieșit soarele Era frumos, deoarece peisajul era acoperit cu zăpadă strălucitoare, nouă, strălucitoare Tipul cu lopata a folosit această ocazie de vreme frumoasă pentru a îndepărta zăpada din acoperișul garajului său, pentru a evita să se prăbușească din cauza greutății acumulate A aruncat toată zăpada aceea de pe acoperiș și pe aleea lui, care apoi a trebuit să fie scoasă din nou cu lopata zapada artificiala Deși Mama Natură are propriile tehnici pentru a face zăpadă, cum ar fi ascensiunea orografică și zăpada cu efect de lac, inginerii au venit cu câteva trucuri proprii Stațiunile de schi le folosesc atunci când natura nu ține pârtiile acoperite, iar zăpadă în curtea din spate a devenit chiar un proiect de do-it-yourself După cum se dovedește, pentru câteva sute de dolari vă puteți face cu adevărat propria furtună de zăpadă în curte - mai mult o furtună de lapoviță, de fapt, făcută din picături de apă înghețată în loc de fulgi de zăpadă Metoda standard de realizare a zăpezii artificiale este o versiune la scară mică a trucului cu aer în expansiune Luați aer comprimat de la o reclamă | capitolul patru zapada artificiala | Aerul comprimat se extinde și se răcește în acest pistol de zăpadă, înghețând rapid picăturile de apă în acest proces (mai sus) Matti Paavola Opus Picături înghețate | Zăpada artificială rezultată este formată din particule mici de lapoviță care nu prezintă structurile ornamentate sau simetria observată în fulgii de zăpadă naturali Vremea cu fulgi de nea | compresor de aer, amestecați-l cu apă într-o țeavă și aruncați amestecul printr-o duză Voilà - zăpadă instantanee Instrucțiunile pas cu pas pot fi găsite chiar și online Aerul comprimat se extinde atunci când iese din duză, iar expansiunea îl face să se răcească În același timp, duza face o ceață de picături fine de apă, la fel cum obțineți dintr-o sticlă de pulverizare din bucătărie Aerul în expansiune răcește

picăturile, făcându-le să înghețe într-o fracțiune de secundă și iese o pulverizare de zăpadă artificială Dacă aruncați o privire atentă la "fulgii de zăpadă" din zăpadă artificială (avem), nu vă așteptați la cristale stelare frumoase Răcirea rapidă înseamnă că picăturile pur și simplu îngheață în bile mici de gheață Deci, este zăpada artificială la fel de bună ca zăpada reală? Zăpada artificială se împachetează mai dens decât materialul natural, deoarece particulele sunt mai compacte decât fulgii de zăpadă naturali Pentru schiul alpin și snowboardingul de bază, zăpada artificială este de preferat să aibă pete goale pe pârtii Dar dacă vrei să faci schi pudră printr-un strat aerisit de puf înghețat, atunci trebuie să cauți lucruri naturale Arta de a face zăpadă este acum atât de avansată încât îți poți acoperi gazonul cu alb oricând și oriunde, chiar și vara Aerul comprimat nu are puterea de răcire pentru a face zăpadă de vară, dar azotul lichid îngheață acele picături cu aplomb Aceasta ajunge să fie zăpadă destul de scumpă, dar magazinele universale din California de Sud îi angajează ocazional pe cei care fac zăpadă de la Hollywood pentru a umple o parcare cu zăpadă în timpul Crăciunului, ca un răsfăț pentru copii Vreme scurtă, dar cu zăpadă - există o experiență SoCal, dacă a existat vreodată inductori de zăpadă O altă metodă în afacerea de producere a zăpezii este utilizarea inductorilor chimici de zăpadă Într-un pistol de zăpadă, picăturile de apă trebuie să înghețe în timpul acelei fracțiuni de secundă în care se află în duză; altfel apa lichidă lovește versanții Furnizarea de toată această răcire necesită mult aer comprimat, iar funcționarea acelor compresoare de aer non-stop poate genera o factură mare de electricitate pentru stațiunea de schi Rolul inductorului de zăpadă este de a face picăturile să înghețe mai ușor Așa cum particulele de praf din picăturile de nor îi ajută să înghețe, inductorii de zăpadă măresc temperatura de îngheț al picăturilor Aceasta înseamnă o factură la electricitate mai mică, plus că permite zăpadă pe vreme mai caldă, ceea ce pune mai multă zăpadă pe pârtii Inductorul favorit de zăpadă provine de la bacteria Pseudomonas syringae Această mică bestie produce proteine care nucleează înghețul la de grade Fahrenheit (- °C), deținând recordul pentru cea mai mare temperatură de nucleare a gheții, mai mare decât praful sau orice alt material Se pare că Pseudomonas syringae și-a dobândit abilitățile record de nucleare a gheții pentru a provoca daune cauzate de îngheț plantelor Bacteria este un agent patogen al plantelor, iar deteriorarea gazdelor le face mai susceptibile la infecția bacteriană Pentru a-și îmbunătăți starea de viață, Pseudomonas syringae și-a adaptat și și-a perfecționat abilitățile de nucleare a gheții Ne place în special povestea de fundal care vine cu Pseudomonas syringae Oamenii de știință studiau bacteria pentru a înțelege mai bine și a atenua daunele cauzate de îngheț asupra culturilor Dar, în schimb, o persoană inteligentă și-a dat seama că talentele acestui microbi ar putea fi valorificate pentru a face zăpadă artificială Rezultatul final este un schi mai bun la un preț mai mic Nu știi niciodată unde te va duce știința halou lunar | Lumina se reflectă în cristalele de gheață sus deasupra Pământului pentru a crea acest halou circular în jurul lunii pline Un halou de de grade este vizibil uneori în jurul unei luni strălucitoare Manuel Suárez Izquierdo | capitolul patru optica atmosferică Când cerul este împletit cu nori cirruși subțiri, este posibil să puteți observa strălucirea nenumăratelor cristale de gheață într-un afișaj numit halou atmosferic Dacă particulele de cirus au o formă predominant rotunjită, ceea ce este tipic, atunci norul are aspectul alb obișnuit și nu mai este mult de văzut Dar dacă norul de gheață conține prisme hexagonale

bine formate - cristale de zăpadă cu praf de diamant - atunci lumina este deviată în anumite direcții preferate, care sunt determinate de geometria prismei În aceste circumstanțe speciale, efectul combinat al milioanelor de sclipici individuale din cristalele fațetate produce un halou atmosferic Cel mai simplu halou este un cerc de lumină care înconjoară ocazional soarele sau luna, cu un unghi de de grade între centrul cercului și orice punct de pe halou Dacă închideți un ochi, deschideți larg mâna și puneți degetul mare deasupra soarelui cu brațul întins, atunci vârful micului este cam locul unde ați găsi aureola de de grade (Această regulă de bază - aici implicând un degetul mare real - funcționează destul de bine pentru adulți și copii deopotrivă, deoarece brațele și mâinile cresc în mare parte cu înălțimea) Deși o prismă de gheață suspendată poate devia lumina soarelui cu orice unghi, o deviere de de grade este mai ales probabil Această afirmație decurge din geometria prismei hexagonale, dar nu este evidentă fără o mulțime de matematică Luminozitatea haloului de de grade depinde de calitatea cristalelor Cele mai pronunțate halouri apar atunci când sunt prezente prisme hexagonale cu fațete ascuțite Cristalele de gheață mai puțin fațetate deviază lumina mai aleatoriu și nu produce halouri strălucitoare Haloul de de grade este destul de comun în timpul iernii și poate fi văzut cu o oarecare regularitate oriunde clima este suficient de rece pentru a necesita deținerea unei lopați de zăpadă Aureola lunară este în general mai ușor de văzut și este adesea vizibil chiar și în afara țării zăpezii Urmăriți-l ori de câte ori luna este plină Ecranele Halo sunt mai frecvente decât ați putea crede; ele trec adesea neobservate pur și simplu pentru că oamenii nu se uită în sus Câinii de soare, cunoscuți și sub numele de parhelia de de grade, sunt legați de haloul de de grade Câinii soarelui sunt puncte difuze de lumină de fiecare parte a soarelui, care pot apărea atunci când soarele este jos pe cer Câinii soarelui sunt vizibili atunci când cristalele de gheață suspendate au fețele bazale orientate orizontal, ceea ce se întâmplă atunci când cristalele care cad sunt aliniate de aerodinamica mișcării lor Din nou, câinii de soare sunt destul de obișnuiți iarna, deși afișajele luminoase sunt rare | capitolul patru Câini Soare | Această scenă din Fargo, Dakota de Nord, arată doi câini strălucitori de ambele părți ale soarelui Gopherboy Vremea cu fulgi de nea | altul Zăpadă mondială ninge vreodată pe alte lumi? Posibil, dar fulgii de zăpadă ar putea arăta destul de diferit de cei găsiți pe Pământ Pe Marte, de exemplu, gheața de apă și gheața cu dioxid de carbon (cunoscută în mod obișnuit ca gheață uscată) au fost ambele observate, iar aceasta din urmă poate avea o grosime de câțiva metri la poli Încă nu se știe, totuși, dacă gheața uscată cade din atmosfera marțiană ca "fulgi de zăpadă" sau se formează direct pe suprafata ca gerul Și mai ciudat este Titan, cea mai mare lună a lui Saturn, unde s-ar putea să găsiți zăpadă cu metan Metanul este un gaz la temperatura Pământului, dar devine lichid pe Titan, formând lacuri de metan și râuri Se pare că există un ciclu meteorologic al metanului pe Titan care are o oarecare asemănare cu ciclul apei de pe Pământ, deși la temperaturi mult mai scăzute Nori Cirrus de particule înghețate apar pe alte luni și planete, inclusiv pe Titan, Marte, Jupiter, Saturn, Uranus și posibil Neptun Pe lângă gheața de apă, acești nori cirus extratereștri pot fi formați din gheață carbonică, gheață cu amoniac sau gheață cu metan Unii dintre nori ar putea chiar produce halouri atmosferice exotice, deoarece diferitele gheață au simetrii de cristal diferite în comparație cu gheața de apă Până acum, însă, singura planetă despre care se știe definitiv că are zăpadă și halouri atmosferice este

Pământul gheață marțiană | Această fotografie în culori false a suprafeței lui Marte arată gheață de apă pe roci și sol A fost luată de Viking Lander de la NASA la locul său de aterizare Utopia Plains în Învelișul de îngheț este mai subțire decât pare în imagine; este doar cam cu o zecime mai gros decât o foaie de hârtie Martian Halos | Această simulare pe computer arată cum ar putea arăta un afișaj cu halo atmosferic în prezența cristalelor de gheață carbonică (dioxid de carbon) octaedrice și cuboctaedrice împreună cu cristale de apă-gheață Până în prezent, halourile atmosferice au fost observate doar pe Pământ, dar căutarea continuă Les Cowley, www atoptics co uk c ha p te r cinci Simetria cristalelor de zăpadă "Formele principale ale frumuseții sunt ordinea și simetria și certitudinea, pe care științele matematice le demonstrează într-un grad special " - ari stotle, meta Physi Cs, ca î Hr Simetria abundă în natură Animalele care au nevoie de echilibru și agilitate pentru alergare, ca noi, prezintă adesea simetrie bilaterală, sau stânga/dreapta Florile prezintă multe tipuri diferite de simetrie radială, așa cum vedem când patru, cinci sau șase petale sunt aranjate egal în jurul unui centru comun Simetria de cinci ori se găsește la stele de pește și arici de mare, iar dacă tăiați un măr în jumătate în cruce pentru a separa partea de jos de sus, veți vedea cinci semințe dispuse în jurul miezului ca o stea Și, desigur, una dintre cele mai recunoscute simetrii ale naturii este cea a fulgului de zăpadă cu șase colțuri Forma unui cristal de zăpadă este atât de distinctă încât aproape îi definește clasa de simetrie - când vezi șase ramuri identice crescând dintr-un centru comun și fiecare ramură prezintă simetrie bilaterală, atunci s-ar putea bine să descrii acel obiect ca fiind "în formă de fulg de zăpadă" Este nevoie doar de o foaie de hârtie și o pereche de foarfece pentru a reprezenta, iar originea acestei forme caracteristice poate fi explicată observând modul în care moleculele de apă se conectează între ele pentru a forma un cristal de gheață șase petale | Crinii prezintă adesea șase petale, dându-le o simetrie similară cu fulgii de zăpadă a /Shutterstock Opus fațete de cristal | Mulți fulgi de zăpadă prezintă caracteristici fațetate care reflectă simetria hexagonală a cristalului de gheață Simetria cristalelor de zăpadă | de ce sase? Primul om de știință care a teoretizat despre simetria de șase ori a cristalelor de zăpadă a fost omul de știință german Johannes Kepler În , Kepler a prezentat un mic tratat intitulat Fulgul de zăpadă cu șase colțuri patronului său, Sfântul Împărat Roman Rudolf al II-lea, drept cadou de Anul Nou În tratatul său, Kepler a contrastat simetria de șase ori a fulgilor de zăpadă cu simetriile similare găsite în flori El a dedus că asemănările trebuie să fie doar în aparență, deoarece florile sunt vii, iar fulgii de zăpadă nu sunt: Fiecare plantă are un singur principiu animator al ei, deoarece fiecare instanță a unei plante există separat și nu există niciun motiv să ne întrebăm că fiecare ar trebui să fie echipată cu propria sa formă Dar să-ți imaginezi un suflet individual pentru fiecare stea de zăpadă este cu totul absurd și, prin urmare, formele fulgilor de zăpadă nu pot fi în niciun caz deduse din funcționarea sufletului în același mod ca și în cazul plantelor Kepler a văzut că un fulg de nea este într-adevăr un lucru relativ simplu, făcut doar din gheață, în comparație cu complexitatea uluitoare a vieții care este întruchipată într-o floare El credea că ar putea fi fructuos, prin urmare, să se întrebe ce principiu de organizare este responsabil pentru simetria cristalelor de zăpadă Deoarece se știa că ghiulele prezintă un model hexagonal atunci când sunt stivuite într-o grămadă, Kepler a presupus că aceste două simetrii ar putea fi legate A existat

un germen de adevăr în acest raționament, deoarece geometria stivuirii atomilor se află în centrul simetriei cristalelor de zăpadă Dar viziunea atomistă asupra materiei nu fusese dezvoltată pe vremea lui Kepler, așa că nu a putut duce analogia cu ghiulelei prea departe Kepler a realizat că geneza simetriei cristaline era o întrebare științifică demnă El a recunoscut, de asemenea, asemănarea dintre cristalele de zăpadă și cristalele minerale, ambele prezentând structuri fațetate simetrice Dar, la sfârșitul tratatului său, Kepler a acceptat că știința epocii sale nu era suficient de avansată pentru a o explica Cu siguranță a fost cristal de gheata l mansarda | Sferele roșii mari din această diagramă reprezintă atomi de oxigen, iar cele mai mici albe reprezintă atomi de hidrogen Fiecare oxigen este flancat îndeaproape de doi hidrogeni, formând o moleculă de H O Dacă te uiți la cristalul față în față (stânga), poți vedea hexagoane din structura cristalului de gheață | c ha pterf iv e din simetria mining | Omul de știință german Johannes Kepler a adus numeroase contribuții la astronomie, matematică și optică, inclusiv faimoasa sa descoperire a ceea ce se numesc acum Legile lui Kepler, care descriu mișcările planetelor în jurul Soarelui Kepler s-a interesat, de asemenea, de simetria exactă de șase ori a cristalelor de zăpadă și a căutat să-i înțeleagă originea Artist necunoscut, Simetria cristalelor de zăpadă | hex agons din abundență | Câte hexagoane poți observa în acești fulgi de zăpadă? Modelele hexagonale sunt deosebit de comune pe cristale de zăpadă mai mici și mai simple ca acestea Unele sunt ca inelele copacilor, indicând momentele în care creșterea cristalului s-a schimbat brusc | c ha pterf iv e corect în această concluzie, timp de trei secole au trecut până când oamenii de știință știau suficient despre atomi, molecule și aranjamentul lor în materiale solide pentru a răspunde în sfârșit la întrebarea lui Kepler din Originea finală a simetriei fulgilor de zăpadă se află în structura cristalului de gheață, în special în aranjamentul regulat al moleculelor sale de apă Fiecare moleculă este compusă dintr-un atom de oxigen flancat de doi atomi de hidrogen, formând familiarul H O Cei trei atomi se leagă împreună într-o moleculă în formă de picior de câine, iar acestea la rândul lor se leagă în foi de hexagoane ușor deformate Hexagoanele au o simetrie de șase ori, iar această simetrie se transferă în cristalele de zăpadă Geometria precisă a moleculei de apă este cea care determină structura cristalului de gheață, iar acest lucru duce, la rândul său, la simetria de șase ori a unui fulg de zăpadă cristale Cuvântul cristal derivă din greaca veche krystallos, care înseamnă "gheață" sau "gheață de stâncă" Spre deosebire de ceea ce implică definiția, krystallos nu a fost folosit inițial pentru a descrie gheața, ci mai degrabă cuarțul mineral Naturalistul roman timpuriu Pliniu cel Bătrân a descris cristalele clare de cuarț ca pe o formă de gheață, înghețată atât de tare încât nu se poate topi Pliniu s-a înșelat destul de mult în această privință; cuarțul nu este o formă de gheață și nici măcar nu este făcut din apă Cu toate acestea, după aproape de ani, neînțelegerea lui Pliniu este încă simțită în limbajul zilelor noastre Dacă te uiți în dicționar, s-ar putea să descoperi că una dintre primele definiții pentru cristal este pur și simplu "cuart" Este ca și cum ai spune că definiția alimentelor este "cartof" E amuzant cum rămân unele ciudății în limbă după mii de ani pereche de alele Br anches | Un cristal de zăpadă este un singur cristal de gheață, chiar și atunci când are o formă complexă Moleculele de apă sunt toate aliniate într-o zăbrele rigidă, de la vârf la vârf Acest cadru hexagonal subiacent ghidează creșterea ramurilor, asigurându-se că ramurile laterale de pe o parte a

cristalului sunt paralele cu ramurile laterale de pe partea opusă Simetria cristalelor de zăpadă | Când spunem cristal, de obicei ne referim la definiția științifică - un material în care atomii sau moleculele sunt aliniați într-o structură de rețea rigidă Pe lângă gheață, tot felul de cristale pot fi găsite în viața noastră de zi cu zi Cuprul este cristalin, la fel ca rubinul și diamantul Cipurile de calculator sunt fabricate din cristale de siliciu Cele mai multe roci sunt făcute din fragmente amestecate de minerale cristaline, cum ar fi cuarțul și feldspatul Sarea, zahărul și folia de aluminiu sunt câteva materiale cristaline pe care le poți ridica de la magazinul tău alimentar Cristalele pot avea și alte simetrii în afară de hexagonale În sarea de masă obișnuită, de exemplu, atomii se aliniază pentru a forma o structură cubică Dacă te uiți îndeaproape la sarea de pe masa ta (cel mai bine se face folosind o lupă), poți vedea că boabele individuale de sare sunt în mare parte cuburi mici Simetria unui cristal provine din modul în care moleculele sale constitutive se stivuesc împreună, iar stivuirea lucrurilor este un subiect mai bogat decât unul gandeste initial În lumea cristalelor, există treizeci și două de moduri posibile de a stivui molecule, inclusiv cinci forme cubice diferite și șapte diferite hexagonale Unele simetrii sunt interzise - nu există structuri cristaline cu simetrie de cinci ori, de exemplu Acest lucru este valabil din același motiv pentru care nu vă puteți da podea cu gresie pentagonală; pentagoanele pur și simplu nu se potrivesc împreună fără a lăsa goluri Chiar și ghiulelele sferice pot fi stivuite în diferite moduri, fie în structuri hexagonale, fie în structuri cubice În navele de război de odinioară, marinarii stivuiți în piramide pentru a distribui mai bine greutatea ghiulelor și erau folosite atât piramide cu fundul pătrat, cât și piramidele cu fundul triunghiular Unele dintre cele mai bune minți matematice din istorie s-au gândit la aspectele mai subtile ale modului în care sferele pot fi stivuite împreună, cunoscute în cercurile matematice ca problema ghiulelei Detalierea și caracterizarea tuturor modalităților posibile în care lucrurile pot fi stivuite împreună sare cu Bes | Cristale diferite au simetrii diferite Boabele de sare de masă arată ca niște cuburi minuscule, reflectând structura cubică a rețelei de cristal de sare | c ha pterf iv e geometria stivuirii | Stivuirea moleculelor este guvernată de geometrie, la fel ca și stivuirea ghiulelor Acestea din urmă pot fi aranjate în piramide cu baze pătrate sau triunghiulare Stacy, Harper's Weekly se dovedește a fi o întreprindere remarcabil de dificilă Aranjarea acelor portocale la supermarket poate nu este atât de simplă pe cât credeai Gheața obișnuită se cristalizează într-o structură specifică de rețea hexagonală și nu în oricare dintre celelalte treizeci și una de posibilități, din cauza modului în care moleculele de apă le place să se unească împreună în condiții normale de mediu Dar de obicei temperaturi și presiuni extreme, în special presiuni foarte mari, apa se solidifică în șaisprezece faze cristaline suplimentare Una dintre acestea, o formă cubică de gheață, este doar puțin mai puțin stabilă decât forma hexagonală pe care o cunoaștem atât de bine Dacă acea îndoire a piciorului de câine din molecula de apă ar fi fost diferită de doar câteva grade, s-ar putea să citiți acum despre un tip complet diferit de fulg de zăpadă Simetria cristalelor de zăpadă | Confuzie de cristal Dacă te gândești imediat la sticlărie când auzi cuvântul cristal, nu ești singur Este unul dintre acei termeni confuzi, cam ca inflamabil și inflamabil (care, destul de amuzant, ambii înseamnă inflamabil) Așa cum se întâmplă adesea, aceste inconsecvențe lingvistice își au rădăcinile mult în istorie La nivel molecular,

sticla este chiar opusul unui cristal, deși acest lucru nu se știa când a apărut limbajul Pe de o parte, există definiția științifică a cristalului - un material cu o rețea rigidă de atomi și molecule Sticla, pe de altă parte, este un solid amorf - moleculele sale sunt complet dezordonate, amestecate aleatoriu una peste alta Deci, un "pahar de cristal" este, oricum, la nivel științific, un oximoron perfect - sugerează un material care este în mod inexplicabil atât ordonat, cât și dezordonat Oximoron sau nu, termenul "sticlă de cristal" este probabil utilizat pe scară largă la magazinul dvs local Uneori este rezervat sticlei cu plumb, care este aproximativ un sfert de oxid de plumb din greutate Sticla cu plumb este mai grea decât sticla obișnuită, cu o strălucire mai strălucitoare și are un inel mai satisfăcător atunci când o lovești De asemenea, sticla cu plumb nu este complet sigură pentru uz casnic (din cauza plumbului, după cum probabil ați ghicit), așa că nu este atât de comun ca cândva În locul plumbului sunt adesea utilizați diferiți oxizi de metal, iar sticla rezultată poate fi numită și sticlă de cristal Desigur, unele magazine pur și simplu cooptează termenul pentru a se referi la orice articole din sticlă pentru care pot scăpa, taxându-te mai mult Agențiile de protecție a consumatorilor încep să reglementeze ce tipuri de sticlă pot fi numite "cristal" din acest motiv În Uniunea Europeană, de exemplu, "cristalul de plumb" trebuie să fie compus din cel puțin % oxid de plumb, în timp ce "sticlă de cristal" trebuie să includă cantități similare de alți oxizi metalici Această utilizare bipolară a cuvântului cristal pare să se întoarcă cu secole în urmă, cu mult înainte ca cineva să știe chiar și despre existența atomilor și a moleculelor, cu atât mai puțin despre modul în care sunt aranjate în diferite materiale Producătorii de sticlă au produs obiecte de artă frumos fațetate care semănau cu cristale minerale, iar undeva de-a lungul drumului oamenii au adoptat cristale pentru ambele Oricare ar fi originea, suntem blocați cu aceste sensuri duale ale cuvântului cristal, în ciuda oricărei confuzii pe care le-ar putea genera guidocava/Shutterstock micile mărci Deși rețeaua moleculară a cristalului de gheață explică în cele din urmă simetria de șase ori a unui fulg de zăpadă, aceasta nu este întreaga poveste Acum trebuie să analizăm modul în care forțele care operează la scară moleculară ghidează creșterea și dezvoltarea unui cristal mare de zăpadă și, pentru aceasta, trebuie să analizăm fațetele cristalelor de zăpadă, împreună cu modul în care apar acele fațete Suprafețele bazale și prisme plate ale unei prisme hexagonale definesc principalele fațete ale cristalelor de gheață Cuvântul fațetă înseamnă literal "față mică", iar sclipirile pe care le vezi când soarele strălucește pe un banc de zăpadă sunt reflectări de la nenumăratele fețe mici ale cristalelor de gheață Puteți vedea, de asemenea, suprafețele ca o oglindă ale cristalelor individuale de zăpadă când te uiți la ele pe mânecă Pe măsură ce mișcați un cristal încoace și încolo, reflexele strălucitoare dezvăluie suprafețele netede ale fațetelor Acest aspect al construcției cu cristale de zăpadă a fost înregistrat pentru prima dată de René Descartes, care a descris cristalele de zăpadă în drept "plăci mici de gheață, foarte plate, foarte lustruite, foarte transparente, cam de grosimea unei foi de hârtie destul de groasă dar atât de perfect formată în hexagoane și din care cele șase laturi erau atât de drepte și cele șase unghiuri atât de egale, încât este imposibil ca oamenii să facă ceva atât de exact " Descartes descria fațetele cristalelor de zăpadă și s-a gândit la originea acestor suprafețe formate precis, asemănătoare oglinzii De unde provin suprafețele fațetate? De ce sunt

plate și cum se formează? face formarea | Fațetele apar pe măsură ce un cristal de zăpadă crește Moleculele umplu zonele aspre de pe suprafață, lăsând doar suprafețele netede În gheață, aceste suprafețe definesc o prismă hexagonală | c ha pterf iv e penny cristal | Aranjarea bănuților folosind reguli simple creează un "cristal" penny hexagonal Dacă fiecare bănuț reprezintă o moleculă de apă, atunci un mic hexagon de cristal de zăpadă ar acoperi insula Hawaiiană Oahu și ai avea nevoie de de miliarde de dolari pentru a face doar un strat de molecule Acesta este un borcan mare de bănuți fațete auto-asamblate Luați în considerare un mic cristal rotund de gheață, care începe să crească într-un fulg de zăpadă Moleculele de apă din aer lovesc suprafața cristalului și se atașează, dar preferă să se atașeze de punctele aspre de pe suprafață Suprafețele netede sunt greu de ținut, în timp ce punctele aspre au multe legături moleculare de prins Ca rezultat, petele aspre acumulează rapid molecule, în timp ce suprafețele netede o fac mai lent În curând, zonele aspre adaugă molecule de apă și completează, lăsând doar zonele netede să definească forma cristalului Aceste suprafețe netede, cu mișcare mai lentă devin fațetele de cristal Deși nu puteți vedea fațetarea moleculară direct, o puteți simula folosind nimic mai mult decât un borcan de bănuți Începeți prin a pune doi bănuți unul lângă altul pe o masă Acesta este cristalul tău sămânță, pe care îl vei crește adăugând mai mult bani mărunți De fiecare dată când adăugați un ban, plasați-l astfel încât să atingă alți doi sau trei bănuți Dacă este disponibil un loc de trei bănuți, folosiți-l mai întâi Dacă tot ce aveți sunt locuri de doi bănuți, alegeți unul la întâmplare Continuați să faceți asta, urmând acele reguli simple în timp ce așezați bănuți și în curând veți ajunge cu un "cristal" penny hexagonal (Poate că îl putem numi un penny-gon) Cu cât plasați mai mulți bănuți, cu atât cristalul penny devine mai hexagonal Aceste reguli simple pentru a da jos bani nu dictează în mod direct nicio structură la scară largă Tot ce știe orice bănuț este că preferă trei vecini decât doi Moleculele de apă sunt la fel de autoservitoare Tot ce știe orice moleculă este că și-ar dori să se conecteze la cât mai multe alte molecule Așadar, fiecare moleculă își face treaba, își maximizează propriul lot, iar rezultatul final este o prismă hexagonală cu fațete Simetria cristalelor de zăpadă | arhitectura hexagonala | Frank Lloyd Wright a experimentat geometria hexagonală în câteva dintre clădirile sale Wall House din Plymouth, Michigan, este numită "Snowflake House" datorită planului său hexagonal Datele hărților (c) Google Procesul de fațetare în timpul creșterii cristalelor este unul dintre cele mai importante elemente necesare pentru a explica formele fulgilor de zăpadă Fațetarea este motivul pentru care structura pe scară largă a unei prisme hexagonale reflectă structura la scară mică a rețelei moleculare de bază Acest proces de fațetare permite geometriei unei molecule de apă să influențeze geometria unui fulg de zăpadă fațete artificiale Ar trebui să adăugăm că nu toate fațetele pe care le vedem apar în mod natural în timpul creșterii cristalelor Fațetele pietrelor prețioase, de exemplu, sunt aproape întotdeauna artificiale, indiferent de tipul de piatră Diamantele, smaraldele și rubinele pe care le găsiți în bijuterii strălucesc din fațete care au fost sculptate și lustruite cu o piatră de șlefuit Fațetele pe | c ha pterf iv e sticlăria de cristal au fost, de asemenea, sculptate sau turnate la locul lor de către sticlărie Aceste opere de artă cu fațete pot fi uimitoare, desigur, dar nu posedă frumusețea naturală a fulgului de nea cu fațete Nu este nevoie de piatră de șlefuit pentru a face fațete naturale Ele apar spontan în timpul creșterii materialelor cristaline

Cristalele de cuarț, cum ar fi ametistul purpuriu, pot fi pur și simplu scoase din pământ în forme fațetate frumoase, la fel ca și granate și multe alte minerale asemănătoare pietre prețioase Zahărul poate fi crescut și în cristale mari fațetate, adesea vândute pe un bețișor ca "bomboană rock" Puteți cultiva cristale frumoase din alaun (vândut sub formă de pulbere la magazinul dvs local) chiar în propria bucătărie și puteți achiziționa truse de creștere a cristalelor care includ o varietate de materiale cristaline autofațetate În timp ce fațetele artificiale pot avea orice formă sau orientare aleasă, fațetele naturale sunt legate de geometria moleculară a cristalului Fațetele cristalelor naturale prezintă întotdeauna o simetrie care reflectă rețeaua moleculară subiacentă calea în șase ori Trăim într-o lume în mare parte rectilinie - grilele noastre de străzi, casele și ecranele computerelor se bazează aproape toate pe unghiuri drepte Cât de înviorător poate fi să întâlnești o arhitectură diferită, mai ales una exprimată în ceva la fel de frumos ca un fulg de nea Geometria gheții evită utilizarea neîncetată a unghiurilor de de grade În schimb, împreună cu crinul și fagurele, cristalele de zăpadă exprimă unghiuri de și de grade în motivul lor de design În calitate de pasionați ai fulgilor de zăpadă, unul dintre urmele noastre de companie este aspectul prea obișnuit al fulgilor de zăpadă cu patru sau opt fețe în reclamele de sărbători În parte, acest lucru reflectă latura noastră științifică, dorim să vedem simetria adecvată a fulgilor de zăpadă care este utilizată Dar, dincolo de asta, simțim că simetriile alternative prezintă un afront la adresa naturii, transformând arhitectura în șase, în mod natural, frumoasă a fulgului de zăpadă într-una care se potrivește mai bine cu lumea noastră regimentată, rectilinie Ori de câte ori este posibil, încercăm să îndreptăm cultura populară a fulgilor de zăpadă în direcția corectă Recent, Ken și-a aplicat expertiza neobișnuită în timpul unei scurte slujbe secundare ca consultant în fulgi de zăpadă la filmul de animație Frozen de la Disney Practic, a mers la studio și a descris structura și simetria distinctă de șase ori a cristalelor de zăpadă în detaliu, adăugând că fulgii de zăpadă adevărați nu au niciodată patru sau opt fețe Din fericire, artiștii de la Disney au respectat cu strictețe simetria adecvată a cristalelor de gheață în toți fulgii de zăpadă animați și palatele de gheață Dacă te uiți la film cu atenție, nu vei vedea nicăieri un fulg de zăpadă cu opt fețe Asta a făcut filmul mai bun? Ei bine, ne place să credem că a făcut-o, cel puțin în felul său mic Aceasta este misiunea noastră - creșterea gradului de conștientizare a fulgilor de zăpadă Simetria cristalelor de zăpadă | modul corect de a face un fulg de nea de hârtie aceste fotografii arată cum să îndoiți o foaie de hârtie pentru a face un cristal stelar de zăpadă cu simetria de șase ori adecvată Pentru voi, artiștii avansați în fulgi de zăpadă, vă invităm să vă plasați tăieturile pentru a modela fulgi de zăpadă anatomic corecti În fulgul de zăpadă prezentat aici, de exemplu, am inclus un model hexagonal lângă centrul cristalului, fante în formă de creastă centrate pe ramurile principale, și ramurile laterale la unghiul potrivit de de grade față de ramurile principale Caracteristici ca acestea sunt toate comune în fulgii de zăpadă naturali Pentru a începe, consideră că este o provocare să construiești fulgi de zăpadă de hârtie care modelează formele și modelele de suprafață văzute în fotografiile cu fulgi de zăpadă de pe pagina de față sau poate în altă parte a cărții Vă avertizăm - nu este atât de ușor pe cât pare CAPITOLUL ŞASE Morfogeneza pe gheață "Căutarea adevărului și a frumosului este o sferă de activitate în care ne este permis să rămânem copii toată viața " -

ALBERT E IN STEIN, SCRISOARE CĂTRE ADRIANNA ENRIQUES, Transformarea care transformă vaporii de apă amorfi într-un fulg de zăpadă stelar complicat este un exemplu de morfogeneză fizică - crearea spontană a modelului și a formei Există o mulțime de exemple de morfogeneză fizică pe care le puteți găsi în jurul dvs , cum ar fi ondulații pe iazuri, modele cu benzi pe zăpadă și dune de nisip și chiar și celulele de convecție ondulante pe care le vedeți într-un castron de supă miso fierbinte Carcasa fulgilor de nea este deosebit de dramatică, deoarece vedem structuri uimitor de complexe ieșind, la propriu, din aer Fulgul de nea este exemplul prin excelență de morfogeneză fizică După cum sa menționat în capitolul anterior, fațetarea este un jucător important în geneză a structurii cristalului de zăpadă Fațetarea explică formarea prismelor hexagonale simple, definind simetria de șase ori a cristalului de zăpadă Dar majoritatea fulgilor de zăpadă sunt mult mai elaborați decât prismele simple, așa că fațetarea este doar o parte a poveștii Următoarea noastră sarcină, prin urmare, este să explicăm de ce cristalele de zăpadă cresc în structuri atât de complexe, ramificate Dincolo de asta, ar trebui să explicăm și modul în care cele șase ramuri reușesc să crească atât de similar și de ce modelele de cristale de zăpadă variază la fel de mult ca și ele Deși sună ca o mulțime de explicații, vestea bună este că totul cade la loc odată ce înțelegem originea ramificării fulgilor de zăpadă ORIGINEA RAMIFICARII | Cele șase colțuri ale unui cristal de zăpadă cresc puțin mai repede, deoarece ies mai departe în aerul umed, determinând ramurile să încolțească Pe măsură ce cristalul crește, același efect face ca ramurile laterale să încolțească din colțurile fațetate ale fiecărei ramuri Acest proces este responsabil pentru formele complexe ale cristalelor de zăpadă Opus SIMETRIE COMPLEXĂ | Acest cristal stelar de zăpadă prezintă aspecte atât de complexitate, cât și de simetrie Morfogeneza pe gheață | Instabilitatea de ramificare Pentru a începe, aruncați o privire mai atentă la creșterea unui fulg de nea Pe măsură ce un cristal plutește încet prin nori, captează vaporii de apă din aerul care îl înconjoară Rețeaua de gheață existentă asimilează moleculele de apă și crește Cu toate acestea, pe măsură ce cristalul crește, consumă excesul de vapori de apă din jurul său, epuizând aerul din apropiere și reducându-i umiditatea Pentru ca cristalul să continue să crească, moleculele de apă de mai departe trebuie să difuzeze prin aer în regiunea epuizată din apropierea cristalului, iar acest lucru necesită timp Timpul necesar pentru ca moleculele de apă să se difuzeze prin aer este cauza de bază a ramificării fulgilor de zăpadă Iată cum funcționează: începeți cu un cristal simplu, hexagonal, care plutește printr-un nor Cele șase colțuri ale hexagonului ies puțin mai departe în aerul umed, astfel încât colectează molecule de vapori de apă puțin mai repede decât oriunde altundeva pe cristal Colțurile cresc astfel puțin mai repede și în scurt timp ies chiar mai departe decât înainte Colțurile se confruntă cu o creștere fulgerătoare pe măsură ce acest ciclu se accelerează - colțurile ies puțin în afară, deci cresc puțin mai repede; în curând ies și mai mult în afară, așa că cresc și mai repede Aceste ramuri răsar din cele șase colțuri ale unei prisme hexagonale Acest proces de creștere fugă se numește instabilitate de ramificare și este responsabil pentru o mare parte a structurii elaborate pe care o vedeți în fulgi de zăpadă, de la coloane goale până la dendrite stelare Diavolul este în detalii și este nevoie de modelare computerizată sofisticată pentru a examina fiecare ramură laterală și colț cu fațete Însă procesul esențial - condus de un comportament de creștere fugitiv - este unul dintre cele mai importante elemente ale

formării cristalelor de zăpadă germinare Br anches | Această imagine compozită arată trei fotografii ale unui mic cristal de zăpadă în timp ce a crescut în laboratorul nostru Cristalul a început cu un contur hexagonal (sus), dar apoi au răsărit ramuri din cele șase colțuri | capitolul șase sincroniza D creștere | Cele șase ramuri ale unui cristal de zăpadă sunt sincronizate în creșterea lor de temperatura și umiditatea din jur Fiecare ramură vede aceleași condiții în schimbare în același timp, așa că toate cresc în mod similar sincronizează creșterea Piesele puzzle-ului se încadrează într-adevăr la locul lor atunci când aduceți fațetarea și ramificarea împreună Pentru că doar fațetarea produce doar prisme simple, în timp ce numai ramificarea tinde către structuri complexe, dar aleatorii Acționând în mod concertat, totuși, aceste două forțe creează cristale de zăpadă care sunt atât complexe, cât și simetrice Luați în considerare, dacă doriți, povestea de viață a unui cristal de zăpadă individual, în special a unei stele de zăpadă mare și simetrică pe care ați putea să o prindeți de mănușă în timpul unei căderi de zăpadă liniștite La început, cristalul tău se naște ca un mic nucleu de gheață atunci când o picătură de nor îngheață Picătura înghețată dezvoltă inițial fațete pe măsură ce crește, transformând fulgul de zăpadă în curs de dezvoltare într-un singur cristal bine format de gheață - o prismă minusculă hexagonală Încă în tinerețe, soarta plasează cristalul într-o regiune a norilor în care umiditatea este potrivită și temperatura este perfectă de grade Fahrenheit (- °C) Acolo micul cristal crește într-o placă subțire, plată, hexagonală În această fază juvenilă a dezvoltării sale, forma cristalului este determinată în principal de procesul de fațetare Pe măsură ce ajunge la adolescența de cristal de zăpadă, fulgul suflă brusc într-o regiune a norilor cu umiditate mai mare Creșterea alimentării cu apă face ca cristalul să crească mai repede, ceea ce conduce la instabilitatea ramificației Structura hexagonală inițială ghidează formarea a șase ramuri, câte una pe fiecare colț al hexagonului Ramurile cresc independent unele de altele, dar umiditatea mai mare din jurul întregului cristal face ca toate cele șase ramuri să încolțească în același timp Morfogeneza pe gheață | Cristalul suflă ulterior încoace și încolo, urmând voința vântului Dacă se mută într-o regiune cu umiditate scăzută, fațetarea va adăuga colțuri la capetele ramurilor Dacă se întoarce la umiditate mai mare, ramurile laterale vor încolți din colțurile definite de fațete Fiecare schimbare în mediul său local modifică modul în care cristalul crește și fiecare schimbare este resimțită de toate cele șase ramuri simultan Astfel, cele șase ramuri se dezvoltă în sincronie, în timp ce cristalul dansează prin nori Pe măsură ce cristalul devine mai mare și mai ornamentat, în cele din urmă devine atât de greu încât plutește ușor în jos, din nori pentru a ateriza pe mănușa ta Forma exactă a cristalului reflectă istoria creșterii sale Cele șase ramuri sunt aproape identice, deoarece toate au experimentat aceeași istorie Oamenii cred adesea că cele șase ramuri ale unui cristal de zăpadă trebuie cumva să comunice între ele pentru a-și coordona creșterea, dar nu este cazul Cele șase ramuri cresc toate independent una de alta, dar cresc la fel, deoarece fiecare experimentează aceleași fluctuații externe de temperatură și umiditate Puteți vedea o coordonare similară dacă urmăriți cum se îmbracă oamenii în aer liber În zilele mai răcoroase, s-ar putea să vezi o mulțime de pulovere și eșarfe În zilele ploioase apar hainele de ploaie Toți acești oameni au vorbit între ei pentru a-și coordona rochia? Desigur că nu Toată lumea a ales pur și simplu îmbrăcăminte exterioară potrivită pentru vreme; nu era necesară nicio comunicare În același

mod, cele șase ramuri ale unui cristal de zăpadă sunt sincronizate de condițiile externe, nu de comunicarea internă ca fulgii de nea | Aceste două cristale de zăpadă au căzut din nori la câteva minute unul de celălalt nordul Suediei Arată asemănător pentru că amândoi au urmat căi similare în timpul formării lor Dar căile lor nu au fost exact identice, așa că nici cristalele nu sunt | capitolul șase un fulg de nea în creștere | Această serie de imagini arată un singur cristal de zăpadă făcut în laborator în momente diferite în timpul creșterii sale Umiditatea a fost schimbată pe măsură ce cristalul a crescut, astfel încât comportamentul de creștere a alternat între fațetare și ramificare, producând un fulg de zăpadă stelar deosebit de simetric Cristalul hexagonal inițial era mai mic decât diametrul unui fir de păr uman, în timp ce fulgul de zăpadă stelar final a măsurat puțin peste mm (, inchi) de la vârf la vârf Timpul total de creștere a fost de douăzeci și șapte de minute nu există doi la fel Am spus povestea de viață a unui cristal de zăpadă individual, iar acum putem explica de ce modelele de cristale de zăpadă sunt atât de diferite unele de altele Morfologia detaliată a fiecărui cristal în cădere este determinată de drumul pe care îl parcurge prin nori și de temperatura și umiditatea pe care le experimentează pe parcurs O cale complexă dă un fulg de zăpadă complex Deoarece nu există două cristale care urmează exact aceeași cale prin atmosfera turbulentă, niciun fulg de zăpadă nu va fi exact la fel Așadar, geniul creativ responsabil pentru varietatea nesfârșită de modele frumoase de fulgi de zăpadă se află pur și simplu în vânturile în continuă schimbare care ghidează călătoria fiecărui cristal a fr actal fulg de nea | Această schiță arată primii câțiva pași în construcția unei forme fractale cunoscute sub numele de fulg de zăpadă Koch În acest obiect pur matematic, fiecare ramură este mai mică ramuri laterale, care dețin ramuri laterale și mai mici, până la un număr infinit de ramuri laterale infinit de mici fractali, haos și ordine Construcțiile ramificate precum fulgii de zăpadă prezintă adesea modele fractale Caracteristica definitorie a unui fulg de nea fractal este o structură auto-similară, în care ramurile au ramuri laterale, care au propriile ramuri laterale mai mici și așa mai departe De fapt, fulgii de nea reali sunt doar puțin fractali Primele ramuri laterale au rareori ramuri laterale suplimentare, așa că numirea întregului ansamblu auto-similar este puțin slabă Mai mult, observarea calităților fractale ale unui fulg de nea ramificat nu aduce nicio lumină asupra originii sale Instabilitatea de ramificare este necesară pentru a explica de ce ramurile și ramurile laterale apar în primul rând Pe o temă conexă, formarea ramurilor laterale prezintă uneori un comportament haotic Când umiditatea este ridicată și creșterea rapidă, chiar și cele mai mici imperfecțiuni ale suprafeței pot declanșa instabilitatea ramificației Când creșterea gheții este deosebit de grăbită, ramurile laterale apar destul de haotic pe măsură ce cristalul se dezvoltă Puteți vedea rezultatul acestui haos dacă aruncați o privire atentă asupra unei dendrite stelare asemănătoare unei ferigi, deoarece aceste cristale prezintă de obicei ramuri laterale distanțate neregulat Nu numai că ramurile laterale sunt dispuse diferit pe cele șase ramuri principale, dar s-ar putea să nu se potrivească chiar pe cele două părți ale unei singure ramuri Creșterea rapidă îmbunătățește ramificarea și reduce fațetarea, rezultând o formă mai neregulată construcție cu fulgi de zăpadă Haosul și ordinea sunt ambele prezente în timpul creșterii fulgilor de zăpadă și acesta este ceea ce face ca modelele fulgilor de zăpadă să fie atât de interesante Prin ea însăși, instabilitatea de ramificare aduce haos - crearea nestăpânită a

complexității structurale, așa cum este exemplificată prin ramificarea laterală aleatorie într-o dendră stelară asemănătoare ferigă Fațetarea, pe de altă parte, aduce ordine, așa cum este întruchipată de simpla perfecțiune a prismei hexagonale Cu toate acestea, reuniți aceste două forțe și rezultă fulgi de zăpadă simetrici, minunat de complicati | capitolul șase crescut în grabă | Ramurile laterale ale unei dendrite stelare asemănătoare unei ferigă încolțesc haotic și nu sunt plasate simetric În acest exemplu, nici cele două jumătăți ale unei singure ramuri nu se potrivesc Morfogeneza pe gheață | Fulgi de zăpadă computaționali Este posibil să "crești" un fulg de zăpadă pe un computer? Dezvoltarea modelelor computerizate care au expus Răspunsul este da, deși fulgi de zăpadă în lumea virtuală nu sunt încă la fel cu cele din lumea reală Instabilitatea de ramificare a fost descoperită în de William Mullins și Robert Sekerka (este adesea numită instabilitatea Mullins-Sekerka), declanșând eforturi pentru a dezvolta modele computerizate ale structurilor dendritice, cum ar fi fulgii de zăpadă Comportamentele de creștere a cristalelor sunt importante în metalurgie și fabricarea semiconductorilor, așa că a existat un interes considerabil pentru modelarea ramificării și a fenomenelor de creștere aferente pentru a le înțelege mai bine atât ramificarea cât și fațetarea s-au dovedit a fi a problema dificila Ramificarea fără fațetare a fost elaborată la mijlocul anilor , dând structuri dendritice cu margini rotunjite În mod surprinzător, până acum câțiva ani, nimeni nu a realizat vreodată un model de computer realist din punct de vedere fizic care să arate ca un fulg de zăpadă real Descoperirea a avut loc în , când matematicianul Clifford Reiter a stabilit că modelele de automate celulare de creștere limitată prin difuzie ar putea produce structuri care erau atât fațetate, cât și ramificate, reproducând multe caracteristici observate în fulgii de zăpadă S-a demonstrat următoarele lucrări fulgi de nea de calcul | Aceste imagini arată o placă stelară (sus) și două vederi ale unei coloane acoperite (opus) care au fost "crescute" pe un computer folosind algoritmi dezvoltați de matematicienii Janko Gravner și David Griffeath Modelele numerice au fost transformate în imagini color de către Antoine Clappier În ambele cazuri, aceste cristale virtuale seamănă cu cristalele naturale de zăpadă dendrite stelare, coloane acoperite, coloane goale, farfurii duble și alte tipuri de fulgi de zăpadă Problema modelării computerizate nu este încă rezolvată, totuși, deoarece rămân o serie de discrepanțe serioase între fulgii de nea reali și virtuali Ajustarea modelelor de computer pentru a produce structurile observate de fulgi de zăpadă par să necesite intrări inexacte din punct de vedere fizic, iar această problemă nu a fost încă rezolvată Cel puțin deocamdată, modelele noastre de computer nu reproduc cu fidelitate fulgii de zăpadă naturali Din nou, această fațetă a poveștii fulgilor de nea continuă să se dezvolte un mister rămas Fațetarea și ramificarea explică mult din ceea ce vedem în fulgii de zăpadă Interacțiunea acestor două procese explică totul, de la prisme hexagonale fațetate până la dendrite stelare asemănătoare ferigilor Simetria de șase ori a unui cristal de zăpadă și creșterea sincronă a celor șase ramuri ale sale sunt de asemenea explicate Construcția fiecărui fulg de nea reflectă o ciocnire liniștită între ordine și haos care se desfășoară în norii de iarnă Dar au rămas câteva părți neterminate din povestea fulgilor de zăpadă - capitole pe care Ken și alți oameni de știință încă încearcă să le scrie Deși înțelegem bine fațetarea și ramificarea, încă nu înțelegem de ce aceste procese se modifică odată cu temperatura, așa cum este ilustrat în diagrama

morfologiei cristalelor de zăpadă Încă nu putem explica de ce cristalele de zăpadă cresc în dendrite stelare largi la anumite temperaturi, în timp ce cresc în coloane subțiri de gheață și ace la alte temperaturi Călătoria noastră științifică atinge un obstacol substanțial atunci când noi venim la diagrama morfologică Experimentele lui Ukichiro Nakaya în urmă cu mai bine de șaptezeci și cinci de ani au dezvăluit modul în care formele fulgilor de zăpadă se schimbă odată cu temperatura, dar observarea nu este același lucru cu înțelegerea Nakaya nu și-a putut explica diagrama morfologică și nimeni altcineva nu a putut să o explice De ce micile schimbări de temperatură au un impact mare asupra morfologiei creșterii? Aceasta este una dintre întrebările care îl face pe Ken să se întoarcă la laboratorul fulgilor de zăpadă În calitate de oameni de știință, constatăm că incapacitatea noastră de a explica diagrama morfologică a cristalelor de zăpadă este puțin jenantă Dacă vrei să afli despre găurile negre, teoria câmpului cuantic, cosmologia Big Bang, genomul uman, viața modificată genetic forme - nicio problemă Avem toate acestea acoperite Dar de ce cristalele de zăpadă cresc în coloane sau plăci în funcție de temperatură? Nu, ăla e prea dur Iată-ne, bine în secolul XXI, și încă nu putem explica un fenomen aparent atât de simplu precum creșterea cristalelor de gheață în plăci sau coloane Principalul obstacol în calea înțelegerii diagramei morfologice poate fi găsit la suprafața gheții Creșterea cristalelor de zăpadă este guvernată de cât de repede se atașează moleculele de apă de suprafețele de gheață și asta implică mișcările colective ale multor particule Urmărirea multitudinii de interacțiuni moleculare de la suprafața gheții devine rapid o oarecare mlaștină de calcul Este posibil să descoperi interacțiunea a două molecule de apă, dar chiar și computerele de ultimă generație nu pot gestiona multe molecule simultan cu suficientă precizie În , Johannes Kepler și-a lăsat deoparte problema de a explica simetria cristalului de zăpadă, pentru că și-a dat seama că știința zilei sale nu putea oferi o explicație A durat încă trei sute de ani până când cristalografii au rezolvat această problemă o dată pentru totdeauna, dându-ne rețeaua de cristal de gheață cu simetria sa hexagonală La fel, acum trebuie să privim în viitor pentru a rezolva problema diagramei morfologice a cristalelor de zăpadă Înțelegerea noastră a dinamicii moleculare a creșterii cristalelor nu este încă adecvată pentru a oferi o explicație Sperăm că nu va trebui să așteptăm încă trei sute de ani Știința modernă, din fericire, se mișcă rapid pe frontul molecular Suntem încrezători că diagrama morfologică va fi într-o zi o problemă rezolvată Dar până la sosirea acelei zile, rămâne un pic de mister în formarea unui fulg de nea | capitolul șase pune D Crystal s în unele dimineți puteți găsi cristale de gheață ramificate care cresc pe suprafețele iazurilor sau lacurilor nemișcate Această fotografie o arată pe Rachel ținând un exemplu pe care l-a găsit pe malul Lacului Superior Temperatura scăzuse cu puțin sub punctul de îngheț în noaptea precedentă, așa că gheața a crescut - dar nu prea repede - pe suprafața apei Acest strat special de gheață prezintă o structură ramificată similară cu aceea găsite în cristalele de zăpadă dendrite stelare Deși ramificarea în fulgi de zăpadă apare din difuzia vaporilor de apă prin aer, ramificarea în aceste cristale de iaz rezultă din difuzia căldurii prin apă Unghiurile dintre ramuri și ramurile laterale dezvăluie din nou structura hexagonală a rețelei de cristal de gheață Când vremea este prea caldă pentru fulgi de zăpadă, s-ar putea să ne găsiți căutând pe țărm exemplare excepționale de gheață de iaz Natura este destul de generoasă în a oferi fenomene frumoase de gheață capitolul șapte

Designer Fulgi de zăpadă "Omul de știință nu studiază natura pentru că este utilă; o studiază pentru că se bucură de ea și se bucură de ea pentru că este frumoasă " - henri poincaré, s Cien Ce and method, Mare parte din ceea ce știm despre fulgii de zăpadă provine din privirile lor crescând în laborator Deși nu putem monitoriza formarea unui cristal de zăpadă individual în timp ce călătorește prin nori, îl putem studia pe unul ținut captiv într-un borcan Observând fulgii de zăpadă sintetici la microscop, putem asista la dezvoltarea fațetelor și ramurilor, putem măsura ratele de creștere în condiții controlate și putem examina modul în care morfologiile diferă în funcție de temperatură și umiditate Putem vedea cu ochii noștri cum o bucată de praf de diamant se transformă într-un fulg de nea strălucitor zăpadă în congelator În deceniile de când Ukichiro Nakaya și-a creat primul fulg de zăpadă cultivat în laborator în , mulți alții au promovat meșteșugul Au fost inventate o varietate de metode pentru a observa și a controla mai bine formarea cristalelor de zăpadă în tot felul de medii Părul de iepure al lui Nakaya nu mai este tehnologia preferată Una dintre cele mai simple moduri de a face fulgi de zăpadă sintetici este să începeți cu un nor sintetic Folosim un congelator de bază de tip ladă pentru a demonstra acest lucru - genul care se deschide deasupra Pentru cele mai bune rezultate, al nostru este gol și vopsit în negru pe Fulgi de nea de designer | Cristalele de zăpadă cultivate în laborator, cum ar fi acestea pot fi produse într-o mare diversitate de forme, ca și omologii lor naturali Opus orchestra a mâncat simetria D | Am dirijat forma acestui cristal de zăpadă cultivat în laborator, ajustând temperatura și umiditatea pe măsură ce s-a dezvoltat Designer Fulgi de zăpadă | interior Nu avem încăpere frigorifică în laboratorul nostru; cu congelatorul nostru și cu toate celelalte camere ale noastre de zăpadă, menținem frigul închis, astfel încât să putem lucra în confort la temperatura camerei Pentru a începe zăpada noastră sintetică, deschidem capacul congelatorului și pur și simplu respirăm în aer rece, creând un nor de mici picături de apă Acest nor este la fel ca cel pe care îl faci afară când îți poți vedea respirația într-o zi rece În timp ce norul plutește în interiorul congelatorului, aruncăm o bucată de gheață uscată în el Aceasta nucleează câteva sute de cristale de gheață minuscule, care apoi cresc încet pe măsură ce plutesc în interiorul norului Dacă străluciți o lanternă strălucitoare sau un indicator cu laser în congelator, dezvăluie o multitudine de cristale de praf de diamant, strălucind în timp ce se prăbușesc Acest tip de zăpadă în congelator a fost demonstrat pentru prima dată de Vincent Schaefer în la Laboratorul de Cercetare General Electric din Schenectady, New York, și dă doar fulgi de zăpadă mici Cristalele devin mai grele pe măsură ce cresc și în decurs de un minut sau două cad în fundul congelatorului În acel moment, un cristal tipic nu este cu mult mai mare decât diametrul unui par uman Sclipirea este ușor vizibilă cu ochiul liber, dar pentru a vedea bine cristalele individuale, este nevoie de un microscop Aceste mici "pete de zăpadă" pot fi greu de văzut, dar sunt potrivite pentru investigațiile noastre științifice Sunt ușor de făcut și sunt adesea în formă de plăci și coloane hexagonale simple Formele simple ca acestea sunt mai ușor de măsurat, mai ușor de modelat pe computer, iar creșterea lor este mai ușor de înțeles peste tot În știință, este o strategie bună să abordezi mai întâi cele mai simple probleme, deoarece acestea sunt deja destul de dificile Se pare că întotdeauna găsim noi utilizări pentru aceste cristale de gheață minuscule Examinând modul în care cresc la diferite temperaturi și niveluri de umiditate, de exemplu, am studiat mai multe aspecte ale diagramei morfologice Și am

făcut măsurători precise ale ratelor de creștere pentru a le compara cu modelele teoretice ale dinamicii creșterii cristalelor Folosim aceste cristale mici pentru a însămânța și alte experimente, analizând din nou comportamentele de creștere în detaliu în condiții bine controlate Opus crescut la congelator | Aceste imagini compozite arată cristale minuscule de zăpadă crescute folosind metoda congelatorului, demonstrând modificările morfologiei cristalelor cu temperatura Diferitele panouri prezintă cristale de zăpadă asemănătoare plăcilor crescute la de grade Fahrenheit (- °C) (sus), cristale de coloană crescute la de grade Fahrenheit (- °C) (mijloc) și cristale mai mari asemănătoare plăcilor crescute la grade Fahrenheit (- °C) (jos) | capitolul șapte fulgi de nea electrici Un alt truc bun pentru producerea de fulgi de zăpadă de laborator este să îi crești pe capetele acelor de gheață induse electric Ideea de bază este de a folosi câmpuri electrice puternice pentru a modifica comportamentul de creștere a gheții, o tehnică care a fost descoperită în de Basil Mason și colaboratorii săi de la Imperial College London Ken și colegii săi au făcut unele progrese și în această metodă, descoperind cum să influențeze procesul folosind aditivi chimici și dezvoltând un model matematic al mecanismului creșterea de bază a acului electric Ne place să ne gândim la aceste cristale subțiri de ac ca fiind cea mai recentă actualizare de înaltă tehnologie a părului de iepure al lui Nakaya Metoda începe cu un grup de cristale minuscule de îngheț la capătul unui fir în mijlocul unei camere pline cu aer rece și umed Aplicăm două mii de volți pe fir, iar gerul aproape că pare să prindă viață, pe măsură ce cristalele de gheață ca ace încep să crească rapid spre exterior Tensiunea produce câmpuri electrice puternice pe cristale, iar câmpurile atrag molecule de apă în aer, accelerând foarte mult creșterea cristalelor Aceste ace de gheață sunt | capitolul șapte extraordinar de zvelt; lângă vârfurile lor, sunt de la zece până la o sută de ori mai subțiri decât un păr uman După ce acele electrice de gheață au crescut la lungimea dorită, eliminăm tensiunea înaltă, astfel încât creșterea cristalelor să revină la normal Cu puțină grijă, putem crește multe morfologii diferite de cristale de zăpadă pe capetele acelor subțiri de gheață Acest lucru ne permite să măsurăm comportamentele de creștere cu precizie pe o gamă largă de temperaturi și niveluri de umiditate Tehnica acului de gheață este deosebit de potrivită pentru experimentarea cu forme de creștere cu umiditate ridicată care nu sunt întâlnite în natură fulg de nea pe un bat | Fotografia din stânga sus (pagina opusă) arată mai multe ace de gheață induse electric care cresc dintr-un fir mai gros acoperit de îngheț Celelalte fotografii arată exemple de diferite tipuri de cristale de zăpadă care cresc pe capetele acelor electrice de gheață Designer Fulgi de zăpadă | pește Gheață de oase | Această fotografie (stânga), împreună cu schița corespunzătoare (dreapta), arată un tip neobișnuit de structură dendritică pe care o numim un cristal de os de pește Crește atunci când temperatura este aproape de de grade Fahrenheit (- ° C) și nivelul de umiditate este excepțional de ridicat Deși este un locuitor comun al camerelor noastre experimentale, această morfologie a cristalelor de gheață nu apare în mod normal în afara laboratorului cr a zy cristale | Această fotografie prezintă numeroase cristale de os de pește care cresc pe vârfurile stelelor de zăpadă care s-au format pe capetele acelor electrice Întâlnim niște construcții bizare de gheață în laboratorul de fulgi de zăpadă Opus roman Design | O secvență neobișnuită de condiții de creștere a fost folosită pentru a crea acest cristal special de zăpadă de laborator Este puțin probabil să găsiți un

cristal ca acesta plutind din nori cercetare bazată pe curiozitate Oamenii ne întreabă adesea despre aplicațiile practice ale acestei cercetări sau, în general, de ce o facem și la ce ar putea fi bună În cea mai mare parte, studiile noastre despre fulgi de zăpadă sunt un exemplu de ceea ce se numește cercetare bazată pe curiozitate, motivată de dorința de bază de a înțelege cum funcționează lucrurile Cristalele de zăpadă cad pur și simplu din cer cu aceste modele și structuri uimitoare, iar știința modernă încă nu poate explica formarea lor în detaliu Cu peste șapte miliarde de oameni pe planetă, cu siguranță câțiva dintre noi putem fi cruțați să analizeze aceste chestiuni De asemenea, ne place să subliniem că acesta nu este un efort de cercetare mare sau costisitor Gheața este ușor de făcut în congelatorul din bucătărie, iar creșterea fulgilor de zăpadă de laborator nu necesită cantități enorme resurse Deci, dacă vă imaginați o echipă mare de oameni de știință în halate albe de laborator, toți plini de viață în camere bine luminate și pline de echipamente noi strălucitoare, ei bine, asta este destul de departe de realitate Imaginați-vă în schimb pe Ken stând într-un colț la o bancă de laborator dezordonată, construind cu atenție un sistem de congelare controlat electronic, solicitând ocazional ajutor de la un student sau doi interesați De asemenea, puteți fi siguri că niciunul din dolarii dvs fiscale nu a intrat în proiectele noastre de fulgi de zăpadă În ceea ce privește știința, lui Ken îi place să glumească că este doar un tip de vârstă mijlocie cu un hobby științific neobișnuit Oamenii au încercat de secole să-și dea seama cum funcționează fulgii de zăpadă, iar treaba nu este încă terminată Ne străduim să adăugăm propriile noastre mici contribuții la un subiect de cercetare științifică care se desfășoară de mai bine de patru sute de ani | capitolul șapte Clockwork Br anching | Am indus ramificații laterale periodice în acest cristal remarcabil de zăpadă prin ciclul umidității la intervale regulate Nu am văzut niciodată un cristal de zăpadă natural cu o ramificare laterală atât de ordonată clou D pe o farfurie de sticla | Suflarea aerului umed pe o placă de sticlă rece produce un strat de picături de ceață, care apar ca mici pete în acest laborator fotografie Fulgul de zăpadă în creștere absoarbe vaporii de apă din aer, astfel încât picăturile din apropiere se evaporă Acest cristal de zăpadă are doar , mm (, inchi) diametru | capitolul șapte arta fulgilor de nea Când vrem o pauză de la știință, ne place să ne gândim la fulgi de zăpadă ca la o activitate pur artistică Aventurile noastre în aer liber în fotografia cu fulgi de zăpadă sunt un rezultat și am creat și fotografiat fulgi de zăpadă și în laborator Deși putem surprinde niște fulgi de zăpadă superbi care cad din nori, creând propriile noastre mijloace putem documenta cristalele individuale pe măsură ce cresc, urmărind fiecare design complicat pe măsură ce se desfășoară Când trecem de la știință la artă, ne place să numim creațiile noastre fulgi de zăpadă de designer, deoarece le putem dicta forma finală controlând mediul de creștere Procesul devine un nou tip de sculptură în gheață, în care folosim regulile fizice de fațetare și ramificare pentru a modela structuri cristaline distinctive Cel mai bun dintre toate, ne putem face și fotografia propriii noștri fulgi de zăpadă pe tot parcursul anului, chiar aici, în însorita California de Sud Începând cu una dintre zăpadele noastre din congelator, lăsăm niște cristale minuscule să cadă pe o placă de sticlă, poziționând o prismă hexagonală izolată direct sub microscopul nostru Suflarea ușoară a aerului umed pe placă face ca cristalul staționar să devină mai mare și ne uităm în timp ce o face Picăturile de apă încețesc adesea și sticla, creând ceea ce poate fi

considerat un nor bidimensional, constrâns la suprafața plăcii Așa cum se întâmplă în norii reali, picăturile din apropiere se evaporă pentru a hrăni cristalul în creștere Interesant este că acești fulgi de zăpadă nu cresc pe suprafața plăcii de sticlă, ci puțin deasupra acesteia Cristalul de sămânță se dezvoltă într-o structură asemănătoare ciupercii - un mic piedestal de gheață susține un surroun De D By fog | Pe măsură ce acest fulg de nea stelar a crescut, picăturile de lichid din apropiere s-au evaporat, menținând o zonă fără ceață lângă cristal precizie geometrică | Modelul de pânză de păianjen văzut în acest mic fulg de zăpadă a fost creat prin aplicarea unor schimbări periodice de temperatură pe măsură ce cristalul creștea Inelele hexagonale de gheață sunt un pic ca inelele unui copac, înregistrând istoria creșterii cristalului Designer Fulgi de zăpadă | crow De D cristale | Aceste trei cristale de zăpadă au crescut în imediata apropiere în timp ce se odihneau pe o farfurie de sticla Au interferat unul cu creșterea celuilalt în timp ce concurau pentru vaporii de apă disponibili Ca urmare, ramurile dintre ele sunt mai scurte decât ramurile exterioare cristal subțire, asemănător unei plăci Deoarece fulgul de nea nu atinge de fapt sticla (cu excepția centrului său), crește aproape la fel ca și cum ar pluti liber Ca și în cazul părului de iepure și a acelor electrice, această structură de ciuperci este încă un truc pentru creșterea fulgilor de zăpadă suspendați în laborator Schimbând temperatura plăcii de sticlă și umiditatea din aerul de deasupra acesteia, controlăm modul în care crește și se dezvoltă fiecare cristal Este nevoie de obicei de treizeci până la șaizeci de minute pentru a produce un fulg de zăpadă stelar mare și ne minunăm de fiecare detaliu care apare dezvăluit de microscopul de mare putere Ajustarea mediului de creștere ne permite să proiectăm fiecare fulg de zăpadă în timp real în timp ce privim Am creat propria noastră mică fabrică de fulgi de zăpadă Randamentul ridicat nu este un punct de vânzare pentru această fabrică; Rata noastră de producție este de aproximativ un fulg de zăpadă pe oră și asta este într-o zi bună Ar fi nevoie de o viață întreagă pentru a produce suficient pentru a face un singur bulgăre de zăpadă Dar ceea ce ne lipsește în cantitate, compensam prin calitate Sus, în nori, fulgii de zăpadă au o viață dură și incertă Sunt expuși în mod constant la vânturi puternice, la ciocniri cu picături de nori și alte cristale și la amenințarea constantă de degradare prin evaporare În momentul în care ajung la pământ pentru ca noi să-i observăm și să fotografiem, fulgii de zăpadă par adesea puțin uzați de călătorie, dacă nu și mai rău Bataia pe care o iau în nori este unul dintre motivele pentru care cristalele simetrice bine formate pot fi destul de greu de găsit în sălbăticie Înapoi în laborator, pe de altă parte, putem crea condiții de creștere aproape ideale, fără niciuna dintre încercările și necazurile vieții în nori Când toate utilajele funcționează așa cum ar trebui, asta ne permite să producem cristale remarcabil de curate Încă ne perfecționăm tehnicile de fabricare a fulgilor de zăpadă, învățând ce putem și ce nu putem face | capitolul șapte limpede ca cristalul | Am iluminat acest cristal de zăpadă de designer din lateral pentru a-i da un aspect sticlos Bijuterie înghețată | A durat peste o oră pentru a crește plăcile largi sectorate de pe acest cristal de zăpadă Designer Fulgi de zăpadă | cu cristalele noastre Se simte mult ca să mergi în interiorul unui nor în timp ce urmărești un singur fulg de zăpadă, cu excepția faptului că putem controla creșterea acestuia prin simpla rotire a unor butoane Putem reproduce multe caracteristici observate în fulgii de zăpadă naturali, plus că suntem capabili să creăm condiții de creștere neobișnuite, care

nu se găsesc în natură, cum ar fi niveluri ridicate de umiditate sau câmpuri electrice, sau gaze de fond neobișnuite și aditivi chimici Nu putem ghida gheața în orice formă, deoarece suntem obligați de regulile creșterii cristalelor Dar asta mai lasă multe posibilități de explorat Partea artistică a fabricării noastre de fulgi de zăpadă a fost o completare plăcută a științei, plus arta a plătit facturile Suntem norocoși că am reușit să ne susținem fulgul de zăpadă activități în primul rând prin vânzarea de fotografii și cărți (mulțumim că ați cumpărat-o pe aceasta!), așa că continuăm să mergem mai departe Este un hobby ciudat, desigur, dar unul pe care îl considerăm cel mai satisfăcător IDENTIC-T CÂȘTIG FULGI DE ZAPAE Ocazional, vom găsi două cristale de semințe care au căzut unul lângă altul pe placa noastră de sticlă, dându-ne posibilitatea de a urmări creșterea lor simultană Dacă semințele aterizează prea aproape una de cealaltă, atunci fiecare interferează cu cealaltă, producând două cristale de zăpadă deformate Dar dacă sunt suficient de separate, fiecare crește în mod esențial independent de celălalt Pe măsură ce schimbăm temperatura și umiditatea din jurul lor, fiecare reglare schimbă modul în care se află Identica Lt WIN sn OWFL a Kes | Această fotografie prezintă doi fulgi de zăpadă care au crescut unul lângă altul pe o placă de sticlă în laboratorul nostru, ambii înconjurați de un câmp de picături de apă Deoarece au crescut în condiții aproape identice, cele două cristale sunt aproape imposibil de distins | Capitolul șapte cvartetul de cristale de zăpadă | Această fotografie prezintă patru fulgi de zăpadă pe o placă de sticlă, înconjurați de un câmp de picături de apă Deoarece au crescut simultan, toate cele patru cristale sunt similare ca aspect Cu toate acestea, puteți vedea că cele două cristale inferioare începeau să interfereze unul cu celălalt, împiedicând ușor creșterea ramurilor dintre ele crengile cresc și asta înseamnă că ambii fulgi de zăpadă cresc în sincron Rezultatul final este o pereche de cristale destul de asemănătoare pe care le numim fulgi de zăpadă gemeni identici Ca și în cazul persoanelor gemene identice, gemenii noștri de cristal sunt, evident, foarte strâns înrudiți, doar pe baza aspectului lor, dar nu seamănă exact în fiecare detaliu Deci, cum afectează asta vechea zicală că nu există doi fulgi de zăpadă la fel? Acest adagiu este încă valabil atunci când este aplicat fulgilor de zăpadă naturali, dar nu funcționează atât de bine pentru fulgii de zăpadă sintetici Sus, în nori, cristalele în creștere sunt în continuă mișcare printr-o atmosferă turbulentă În timpul unei jumătăți de oră, un cristal se formează, experimentează sute sau mii de răsuciri haotice în vânt Și fiecare modificare minoră a cursului afectează forma finală a cristalului, deoarece comportamentul de creștere este atât de sensibil la temperatură și umiditate Probabilitatea ca doi fulgi de zăpadă naturali să experimenteze exact aceleași condiții schimbătoare exact în aceleași momente este extrem de mică Gemenii noștri de laborator sunt strâns potriviți, deoarece cele două cristale au rămas staționare, ambele fixate pe placa de sticlă, deoarece am schimbat temperatura și umiditatea din jurul lor Designer Fulgi de zăpadă | Aici nu au fost încălcate legile naturii; în schimb am găsit o portiță Laboratorul a oferit pur și simplu un mediu mai controlat și mai previzibil decât cel experimentat de fulgii de zăpadă naturali din nori Desigur, întrebarea fulgilor de nea identici este întotdeauna una de grade Dacă te uiți cu atenție la doppelgangerii noștri, vei vedea că nu sunt chiar identici Cu timp și efort suplimentar, cu siguranță am putea îmbunătăți acest lucru Cu cât putem proiecta mai precis un mediu de creștere uniform, cu atât cristalele finale vor fi mai exact asemănătoare Perfectiunea

absolută este imposibilă, dar ne putem apropia destul de mult Dacă ar exista un motiv convingător pentru a face acest lucru, ne-am putea pregăti fabrica de fulgi de zăpadă pentru a produce - cu precizie robotică - o serie întreagă de fulgi de zăpadă aproape identici Cât de trist sună asta Să fim recunoscători că Mama Natură adaugă un element atât de încântător de aleatoriu la realizarea ei de fulgi de zăpadă la Boratory creations | Micile schimbări de temperatură și umiditate produc schimbări mari în modul în care cresc cristalele de zăpadă Am exploatat acest fapt pentru a crea acești fulgi de zăpadă de designer cu o varietate de modele cap te r eig ht Fotografie cu fulgi de nea "Pe lângă faptul că își combină cea mai mare abilitate și măiestrie în producerea fulgilor de zăpadă, Natura modelează cu generozitate cele mai frumoase exemplare pe un plan foarte subțire, astfel încât acestea să fie special adaptate pentru studiul fotomicrografic" - wilson Bentle y, Po Pul ar me Chani Cs revista , Fotografia cu fulgi de zăpadă are multe în comun cu alte forme de fotografie în natură - necesită un ochi artistic, un echipament optic adecvat și o dorință convingătoare de a merge și de a face niște fotografii Ambarcațiunea prezintă și propriile provocări, prin aceea că cristalele de zăpadă sunt mici, puțin fragile, predispuse la evaporare și topire și, de parcă nu ar fi suficient, trebuie să fie manipulate afară, în vânt și frig Îi fotografiem pe băieți de mulți ani și am dezvoltat câteva tehnici pe parcurs În acest capitol descriem modul în care am făcut fotografiile din această carte și aruncăm o privire asupra unei mostre de imagini superbe de la comunitatea în creștere a fotografilor de fulgi de zăpadă cea mai mare zăpadă de pe pământ Trăind în California de Sud, ne îmbarcăm frecvent în ceea ce numim safari-urile noastre cu fulgi de zăpadă - călătorind în locații îndepărtate în căutarea unor fulgi de nea deosebit de fotogenici Deși aceasta poate fi o utilizare neobișnuită a timpului de vacanță, oamenii călătoresc adesea din nordul înghețat pentru a admira obiectivele și plajele din sudul Californiei, așa că poate câțiva dintre noi ar trebui să facă drumul în direcția opusă De asemenea, Fotografii parcurg frecvent distanțe mari pentru a găsi locuri pitorești și animale sălbatice exotice și considerăm că fulgii de zăpadă ar trebui să primească aceeași atenție Presupunând, deci, că cineva este înclinat să se îmbarce într-un safari cu fulgi de zăpadă, prima întrebare devine alegerea unei locații Unele locuri sunt în mod clar mai bune decât altele, dar unde sunt cele mai bune locuri? Unde se găsește cea mai mare zăpadă de pe pământ? Dacă scopul este fulgii de zăpadă stelari mari, bine formați, atunci diagrama morfologică indică temperaturi apropiate de grade Fahrenheit (- °C) Dar cristalele stelare sunt doar o parte din povestea fulgilor de zăpadă, deci ce zici de coloanele acoperite sau alte tipuri de cristale interesante? Sunt fulgii de zăpadă de munte la fel cu cei care cad la altitudini joase? Apar diferite tipuri de fulgi de zăpadă în diferite regiuni ale globului? De fapt, nimeni nu știe cu adevărat răspunsurile la aceste întrebări Deși avem multe date meteorologice despre cantitățile de zăpadă de pe tot globul, simpla apariție a zăpezii nu garantează cristale de zăpadă excepționale Cantitatea de zăpadă și calitatea fulgilor de zăpadă sunt, dacă este ceva, invers corelate - zăpada ușoară tind să aibă fulgi de zăpadă mai buni, în timp ce zăpada abundentă este adesea umedă și lucioasă, iar viscolele sunt doar o mizerie cu vânt Opus fulg de nea colorat | Am găsit acest cristal de zăpadă în Fairbanks, Alaska A fost fotografiat folosind lumini colorate pentru a accentua modelele interne din gheață Fotografie cu fulgi de nea | decât un smartphone cu un obiectiv macro clip-on ieftin) și

vedeți ce fotografii puteți face Poate că și tu vei fi mușcat (sau înghețat?) de bug-ul fotografiei fulgi de nea într-un avion departe, departe? | Dacă vă plac călătoriile exotice, vă putem sugera să vizitați Fairbanks, Alaska, în ianuarie Puteți experimenta temperaturi sub - de grade Fahrenheit (- °C), ceață de gheață și zori spectaculoși După cum se arată în această fotografie, soarele abia ajunge deasupra orizontului la amiază Cine are nevoie de turism spațial? Vizitarea centrului Alaska în timpul iernii ni s-a părut mult ca a merge pe o altă planetă - una care este departe de soare Mai multe situri de pe glob au câștigat o oarecare notorietate a cristalelor de zăpadă de-a lungul anilor, în principal prin munca câtorva persoane, cum ar fi Wilson Bentley în Vermont și Ukichiro Nakaya în nordul Japoniei În America de Nord, vă puteți aștepta să găsiți cristale de zăpadă de calitate în jurul Marilor Lacuri, în New England, în Alaska și în mare parte din Canada Am avut noroc deosebit de bine în nordul Ontario, care pare să ofere exemplare excelente cu o oarecare regularitate Nordul Japoniei s-a dovedit a fi un loc privilegiat pentru observarea fulgilor de zăpadă, la fel ca și țările baltice, părți ale Rusiei și nordul Scandinaviei Probabil că există multe alte locații excelente pentru fulgi de zăpadă care rămân nedescoperite Dacă se întâmplă să trăiți într-un climat rece, vă invităm să aruncați o privire la fulgii de zăpadă locali și să vedeți cum se potrivesc Începeți cu o lupă ieftină și consideră că este o provocare să găsești prima ta coloană acoperită sau dendrită stelară asemănătoare unei ferigi De acolo, puteți încerca o cameră cu o anumită capacitate macro (s-ar putea să fie un nimic mai mult Pietre prețioase ascunse Camera noastră este în esență un fotomicroscop, așa că trebuie să aducem cristalele la cameră, mai degrabă decât să le fotografiam acolo unde cad O metodă pe care o folosim frecvent este o abordare directă: pur și simplu așezăm câteva lame de microscop de sticlă pentru a prinde cristalele care cad Când o lamă a acumulat un praf ușor de zăpadă, o punem la microscop Privind prin vizorul camerei noastre, mișcăm slide-ul înainte și înapoi sub obiectiv, fotografiend orice pare interesant După ce terminăm cu o lamă de sticlă, o curățăm și o punem înapoi pentru a prinde mai multă zăpadă, apoi luăm una diferită pentru a lucra Continuăm să mergem cu bicicleta prin tobogane cât durează zăpada Cele mai multe dintre cele mai bune fotografii ale noastre cu cristale de zăpadă mai mici au fost făcute folosind această abordare directă Chiar și atunci când zăpada nu pare a fi deosebit de fotogenă cu ochiul liber, lucrurile pot arăta destul de diferit cu o vedere mărită Se pare că există întotdeauna câteva pietre prețioase undeva în amestec și merită găsite Am petrecut multe ore plăcute în zăpadă, cu un ochi lipit de vizor, vânând aceste comori ascunse În spiritul dezvăluirii complete, nu orice zăpadă prezintă o mare oportunitate de fotografiere a unui fulg de nea Unele furtuni scad puțin mai mult decât cristale mici, slab formate Numim această zăpadă granulară, deoarece cristalele seamănă cu bucăți de nisip înghețat Când acest lucru este tot ce oferă norii, de obicei vom face o pauză și vom încerca din nou mai târziu | cap t er ei gh t mici cristale de zăpadă | Majoritatea ninsorilor conțin o varietate de plăci și coloane mai mici pentru a le examina și fotografia gr anul ar snow | Unele zăpadă nu aruncă decât cristale mici, slab formate, ca acestea, mai ales la temperaturi mai calde Fotografie cu fulgi de nea | în câmpul D | Imaginea din dreapta îl arată pe Ken afară fotografiend fulgi de zăpadă, în timp ce imaginea de mai sus arată un lot de cristale pe tabla de colectare | cap t er ei gh t Vânătoarea de vânat mare Când vedem fulgi de zăpadă mai mari care apar cu o oarecare

regularitate, de obicei încetăm să prindem cristale direct pe lamele de sticlă În schimb, trecem la o tablă de colectare mult mai mare, astfel încât să putem privi rapid mai mulți fulgi de zăpadă În conformitate cu tema noastră de fulgi de zăpadă-safari, trecem la o strategie pe care o numim vânătoarea mare Când observăm un fulg de zăpadă promițător, îl luăm de pe tabla de colectare și îl transferăm pe o lamă de sticlă pentru fotografiere Facem acest lucru folosind o pensulă mică, rulând perii ușor sub cristal pentru a-l ridica fără deteriorare Oamenii cred adesea că manipularea unui fulg de nea mic și fragil trebuie să necesite priceperea unui chirurg, dar nu este îngrozitor de dificil Cristalele sunt mai puternice decât par, Preferăm cartonul albastru cu miez de spumă pentru al nostru și majoritatea supraviețuiesc pasului de transfer nedeteriorați tablă de colectare, deoarece cristalele de gheață ies în evidență clar O supărare mai mare este vântul Când un împotriva suprafeței sale netede și întunecate În timp ce fulgul de zăpadă este cocoțat pe pensula noastră, se acumulează pe tablă, scanăm înapoi cea mai mică rafală de vânt whoosh - gata și înainte, în sus și în jos, căutând modelul Acel ireproductibil de fulgi de nea promițător, indiferent mostre Din când în când periăm zăpada care a fost, se pierde pentru totdeauna Din fericire, ireproductibil stinge pe măsură ce suprafața devine aglomerată Mare nu înseamnă de neînlocuit Pur și simplu ne întoarcem cristalele de joc sunt suficient de mari încât să putem selecta pe panoul de colectare și să selectăm altul de cele mai multe ori cu ochiul liber sau, poate, folosind un mic- De îndată ce un fulg de zăpadă se află pe lama de sticlă, lupa de putere A fi miop este oarecum sub microscop pentru o privire mai atentă Dacă avantajos în timpul acestor căutări ceea ce vedem sub mărire ne lasă rece Un ochi exersat este remarcabil de priceput la (parcă ar fi), am putea sări peste imagine Poate observarea unor cristale de zăpadă excepționale pe o zonă aglomerată, cristalul este marginit, deformat sau pur și simplu nu este așa tabla de colectare Este un pic ca și cum ai căuta ceva interesant de privit Mai des, însă, noi piese de margine atunci când începeți pentru prima dată un puzzle; sunt agitate pentru a regla iluminarea, reglarea focalizării, creierul tău se concentrează doar pe a-i găsi pe cei drepti și pe a face lovitura După înregistrarea imaginii sale în marginile ignorând toate piesele curbate Pentru cameră, minunatul fulg de nea este fără ceremonie cristale de zăpadă, ne concentrăm pe suprafețe fațetate aruncate pe pământ împreună cu toți frații săi care arată un pic de strălucire Adesea lucrăm în Topirea și evaporarea sunt suplimentare întunericul (nopțile sunt lungi iarna) și problemele cu care trebuie să ne confruntăm când atunci un reflector este util, oferind fulgi de zăpadă luminoși Căldură de la noi reflexii din fațete mâinile sau luminile vor provoca pornirea unui cristal Cu o placă de colectare de dimensiuni bune, putem evapora Regiunile ultraperiferice se evaporă uite deși mulți fulgi de nea rapid și ușor departe cel mai repede, iar cristalul încet În orice moment, s-ar putea să apară o piesă mai mare în fața ochilor noștri În zilele mai calde, mii de cristale pe placa de colectare, iar cristalele se pot topi pur și simplu în bălți minuscule pe în mai puțin de un minut putem de obicei să alegem paharul Soluția la aceste probleme este doar să cele mai bune subiecte Făcând calcule, asta înseamnă că trebuie să lucrăm rapid Încercăm să ridicăm fiecare cristal și de fapt, a cernut milioane de cristale și a fotografiat-o în mai puțin de un minut anii în căutarea noastră pentru subiecte fotografice În sfârșit, este frigul Manipularea Unii dintre fulgii noștri de zăpadă sunt într-adevăr unul la un milion pensula, lamele de sticlă și camera continua la pagina

Fotografie cu fulgi de nea | evaporare versus topire Prima coloană de fotografii din partea opusă Un cristal de zăpadă se schimbă mereu și începe pagina arată un cristal de zăpadă care se evaporă încet departe sub luminile microscopului De sus în jos, a trecut o perioadă de două minute Puteți vedea cum trăsăturile și extremitățile mai fine sunt primele care dispar, lăsând în urmă o formă mai simplă Cealaltă coloană de fotografii arată o topire a cristalelor Temperatura era chiar sub zero și au trecut doar douăzeci și șapte de secunde de sus în jos Poate fi o provocare să fotografiezi fulgi de zăpadă în condiții atât de calde evaporându-se imediat ce încetează să crească Dacă norii sunt sus pe cer, cristalul poate experimenta o evaporare semnificativă înainte de a ajunge chiar la sol Cristalul prezentat mai jos a ajuns într-o stare parțial evaporată, arătând destul de uzat de călătorie Pe sol, fulgii de zăpadă continuă să se schimbe și tind să-și piardă rapid trăsăturile mai fine După o zi sau două într-un banc de zăpadă, cristalele sunt în mare parte blocate, cu o mică asemănare cu structurile lor inițiale elaborate Fulgi de zăpadă sparți | Uneori deterioram cristalele de zăpadă în timpul manipulării Din fericire, sunt multe altele continuare de la pagina necesită o oarecare dexteritate, așa că am considerat că este necesar să lucrăm cu degetele goale Starea în picioare și cernerea fulgilor de zăpadă unul câte unul poate fi o provocare atunci când temperatura este de aproximativ grade Fahrenheit (- °C) Snowmaster Problema echipamentului fotografic este întotdeauna una de grade Un echipament bun este costisitor, dar a deține cele mai bune nu este necesar pentru a face fotografii bune Calitatea echipamentului nu este la fel de importantă ca ochiul fotografului - și un pic de noroc ajută și el Pentru fotografiile noastre, am dorit o mărire mare pentru a surprinde chiar și cele mai mici cristale de zăpadă și am căutat imagini extrem de clare care să arate fiecare detaliu complicat După ce am încercat câteva abordări diferite, am ajuns să construim un fotomicroscop special, optimizat pentru fotografia cu fulgi de zăpadă - o piesă hardware pe care am numit-o SnowMaster (a nu fi confundat) cu cupa de zăpadă Snowmaster, aparatul de ras pentru gheață Sno-Master, frigiderul SnoMaster, anvelopele de iarnă Snow Master sau chiar instrumentul Snowmaster din World of Warcraft Am venit cu pseudonimul SnowMaster în vremurile pre-Internet, înainte să ne dăm seama câți alții făcuseră același lucru Dar numele a rămas, așa că iată-ne) Practic, fotomicroscopul nostru este un set de trei obiective de microscop care acoperă o gamă de măriri atașate la o cameră digitală folosind un tub lung de extensie Obiectivele sunt montate pe o turelă personalizată, ceea ce face ușoară schimbarea măririlor pentru diferiți fulgi de zăpadă Specimenele noastre sunt aproape întotdeauna pe lame de sticlă, iar acestea se sprijină pe o etapă de translație care se mișcă în sus și în jos pentru a se focaliza, așa cum este tipic la microscoape În timpul uneia dintre sesiunile noastre de fotografie cu fulgi de zăpadă, un snowmobile care împarte motelul nostru a venit să discute și să arunce o privire prin microscopul nostru S-a bucurat să vadă fulgii de zăpadă în acest fel și a întrebat cât trebuie să coste acest instrument al nostru Când i-am spus (câteva mii de dolari), cu greu i-a venit să creadă că cineva ar pune jos genul ăsta de bani ca să fotografieze fulgi de nea Am observat, între timp, că conducea un Hummer complet echipat, trăgând patru mașini de zăpadă noi strălucitoare A fost puțin surprins când am subliniat că factura lui de divertisment era de fapt mult mai mare decât a noastră Totul depinde de locul în care îți pui prioritățile; la fiecare a lui Dilema lui Bentley Modul în care luminează un fulg de

zăpadă pentru a-l fotografia necesită mai multă grijă decât ai putea crede inițial Dificultatea provine din faptul că fulgii de zăpadă sunt făcuți din gheață limpede, iar fotografiarea obiectelor transparente poate fi o provocare | cap t er ei gh t Ne referim la aceasta ca fiind dilema lui Bentley, deoarece Wilson Bentley s-a confruntat cu problema iluminării imediat ce a făcut prima fotografie cu fulg de zăpadă O abordare simplă a iluminării este pur și simplu să luminezi un fulg de zăpadă din lateral sau deasupra, așa cum ai face orice altceva La urma urmei, așa vezi un fulg de zăpadă pe mânecă Cu toate acestea, la o mărire mare, marginile cristalului împrăștie multă lumină și par luminoase, în timp ce regiunile subțiri, asemănătoare plăcilor, se împrăștie foarte puțin și apar întunecate Contrastul ridicat dintre diferitele părți ale aceluiași cristal este dramatic, dar tinde să ascundă detaliile fine și poate părea dur Bentley a evitat problemele de iluminare laterală, iluminându-și cristalele din spate, astfel încât microscopul său privea lumina transmisă prin gheața limpede Cu toate acestea, acest tip de iluminare de fundal a introdus o dilemă diferită, în sensul că acum contrastul din imagine este destul de scăzut Imagine care fotografiează o bucată de sticlă plasată snowmasterul | Configurația noastră pentru fotografiarea fulgilor de zăpadă este practic o cameră, un set de obiective pentru microscop și o lampă Ansamblul este montat într-o valiză pentru portabilitate pe o bucată de hârtie albă și puteți vedea problema: cristalul clar de zăpadă apare alb pe un fundal alb Bentley și-a rezolvat dilema modificând o copie a imaginii după ce fotografia a fost făcută, eliminând fundalul luminos și înlocuindu-l cu negru Acest lucru a fost cu mult înainte de Photoshop, desigur, și chiar înainte de filmul fotografic, așa că și-a îndeplinit sarcina de a lucra direct pe plăci fotografice din sticlă Pentru fiecare dintre miile sale de poze cu fulgi de zăpadă, Bentley a făcut duplicate negative și apoi a răzuit cu grijă emulsia fotografică de pe fiecare placă din afara perimetrului de cristal cu un cuțit ascuțit, un proces care a durat aproximativ o oră per fotografie O imprimare realizată dintr-un astfel de negativ "blocat" a produs un cristal de zăpadă strălucitor pe un fundal negru Abordarea alb-pe-negru a lui Bentley accentuează conturul unui cristal, dar face dificilă vizualizarea detaliilor structurale interne și modelele de suprafață Fotografie cu fulgi de nea | dacă pe iluminare | Această fotografie arată un cristal de zăpadă iluminat din lateral, așa cum ar fi apar pe o suprafață neagră Puteți vedea că părțile netede ale cristalului sunt clare, în timp ce marginile împrăștie lumina și astfel par albe Iluminare din spate | Această fotografie arată același cristal de zăpadă iluminat folosind lumini colorate din spate Acest tip de iluminare accentuează caracterul tridimensional al cristalului Iluminarea rheinBerg Recunoscând avantajele și dezavantajele iluminării laterale și de fundal, Ukichiro Nakaya a descoperit că iluminarea oblică - din spate, dar dintr-o parte - a oferit o alternativă eficientă Cu iluminare oblică, cristalul de gheață acționează ca o bucată de sticlă în formă care îndoaie lumina incidentă Acest lucru adaugă un sentiment de profunzime fotografiilor, oferind o imagine generală mai bună a machiajului intern și modelării suprafeței în fulgi de zăpadă Facem iluminarea oblică cu un pas mai departe în fotografia noastră cu fulgi de zăpadă, aplicând ceea ce se numește iluminare Rheinberg Descrisă pentru prima dată de microscopistul londonez Julius Rheinberg în pentru specimene biologice, această tehnică strălucește lumini colorate diferite din unghiuri diferite, oferind în esență o combinație de mai multe culori de iluminare oblică simultan Diferite

nuanțe evidențiază apoi diferite părți ale unui cristal, oferind o dimensiune suplimentară de culoare fotografiei cu fulgi de zăpadă momentul potrivit Fotografia în natură înseamnă adesea a fi în locul potrivit la momentul potrivit Dacă doriți să fotografiați un curcubeu strălucitor, un fulger spectaculos sau orice număr de alte fenomene naturale, trucul este să fiți acolo și gata atunci când se întâmplă În schimb, dacă doriți să faceți o fotografie de grup a familiei dvs , sunteți liber să alegeți orice moment convenabil Adunarea tuturor și a le face pe toți să arate decent pentru o singură imagine mizerabilă poate fi înnebunitor de dificil, dar cel puțin teoretic este posibil Când căutăm fotografii remarcabile cu fulgi de zăpadă, trebuie să fim pregătiți și să așteptăm când cad cristale remarcabile Aceasta înseamnă că suntem la cheremul vremii, asupra căreia nu avem niciun control și doar o mică capacitate de a prezice Alegerea unei zile convenabile nu are sens, deoarece s-ar putea să nu cadă zăpadă în acea zi, poate sute de mile în orice direcție Dacă norii nu își fac rolul, atunci pur și simplu nu poate fi un fotograf de fulgi de zăpadă în acea zi | cap t er ei gh t fulgi de nea iluminatori | Aceste patru fotografii arată același cristal de zăpadă folosind diferite tehnici de iluminare Prima imagine a folosit iluminare simplă din spate, rezultând o vedere destul de plată a unui cristal alb pe un fundal alb Modificarea digitală a fotografiei pentru ca fundalul să fie negru a dat a doua imagine, care este similară ca aspect cu fotografiile lui Bentley Iluminarea Rheinberg adaugă un sentiment mai mare de profunzime în cea de-a treia imagine, în timp ce utilizarea unui curcubeu de lumini colorate a produs a patra fotografie r ain Iluminat arc | Fotografia extravagante, de sus, a fost făcută folosind iluminarea Rheinberg cu un curcubeu de lumini colorate Oamenii cred adesea că am folosit filtre polarizante aici, dar nu este cazul Nici culorile nu au fost pictate digital Cam așa a ieșit imaginea din cameră Fotografia mai mică de mai sus arată același cristal de zăpadă, cu excepția utilizării unor culori mai dezactivate Fotografie cu fulgi de nea | macro ieftină | Această fotografie arată anul ștampilat pe suprafața unui ban american; a fost luată folosind un smartphone cu un obiectiv macro cu clips de USD Nu este neapărat nevoie de mult echipament elegant pentru a fotografia obiecte mici precum fulgii de zăpadă În timpul uneia dintre călătoriile noastre în nordul Ontario, un reporter de la Toronto TV a aflat că fotografiam fulgi de zăpadă și a decis că va fi o poveste bună pentru o emisiune de seară viitoare (zi de știri lente, fără îndoială) Reporterul ne-a spus că a cerut autenticitate în reportajele sale, așa că organizarea unei ședințe foto nu ar funcționa; trebuia să fim acolo, fotografiend fulgi de zăpadă adevărați La următoarea respirație, el a întrebat dacă își poate aduce echipa de filmare marțea viitoare, la ora trei Poorfellow a fost dezamăgit când am subliniat că s-ar putea să nu ningă în acea zi sau în orice altă zi pe care am programat-o cu o săptămână în avans Vremea nu era atât de previzibilă După câteva discuții suplimentare, a decis că fotografia cu fulgi de zăpadă ar putea să nu fie o poveste atât de grozavă până la urmă Point-and-shoot fulgii de zăpadă Nu este necesar să deții o mulțime de echipamente scumpe pentru a face poze grozave ale fulgilor de zăpadă Optica de înaltă rezoluție este scumpă, dar rezoluția înaltă nu este singura considerație în fotografia cu fulgi de zăpadă Sacrificarea unei anumite rezoluții oferă o mai mare profunzime de câmp, de exemplu Se pot face multe utilizând o cameră portabilă, de tip point-and-shoot, cu o anumită capacitate macro Cu o cameră portabilă, nu este necesară manipularea fulgilor de zăpadă Se poate pur și simplu așeza o suprafață

de colectare și fotografia zăpada pe măsură ce aterizează Mai mult, cel suprafața de colectare poate fi atât de variată cât dorește, de exemplu o eșarfă, mănușă, piatră, frunză sau bucată de lemn Există multe posibilități pentru suprafețe interesante Zăpada proaspăt căzută, care se sprijină pe frunzele copacilor, oferă o oportunitate de a compune o scenă clasică de iarnă Natura face munca grea de a crește fulgii de zăpadă și de a-i expune Adevărata provocare este să te târăști din pat în diminețile reci pentru a găsi aceste oportunități idilice de fotografiere în ochiul Privitorului După aproape două decenii în care am fotografiat fulgi de zăpadă, ne bucurăm de toate stilurile și tehnicile diferite dezvoltate de un număr tot mai mare de fotografi de fulgi de zăpadă Unele metode sunt mai potrivite pentru a produce imagini extrem de clare care arată fiecare nuanță din designul cristalului, în timp ce alte metode oferă vederi minunate ale fulgilor de zăpadă în cadru natural Iluminarea laterală reproduce vederea pe care o vedeți cu un fulg de zăpadă pe mânecă, în timp ce iluminarea oblică din spate accentuează detaliile structurale Odată cu apariția fotografiei digitale, fotografi de fulgi de zăpadă din secolul al XXI-lea au împins meșteșugurile în direcții noi Camerele moderne au o sensibilitate mult mai mare decât cele din trecutul recent, permițând mai multă latitudine pentru capturarea scenelor cu niveluri scăzute de lumină Site-urile web de partajare a fotografiilor, cum ar fi Flickr, au reunit persoane interesate de fotografia cu fulgi de zăpadă pentru a împărtăși idei și fotografii noi Fotografia cu fulgi de zăpadă poate fi cea mai satisfăcătoare activitate Deși stând afară, în frig, fotografierea micilor bucăți de gheață poate să nu fie ceașca de ceai pentru toată lumea, poate că veți savura meșteșugul la fel de mult ca și noi Cu noi direcții estetice și tehnologia camerei în continuă îmbunătățire, există o lume a expresiei fotografice care rămâne relativ neexplorată Ne așteptăm să vedem mult mai mult pe măsură ce oamenii continuă să captureze și să înregistreze aceste cristale feerice | cap t er ei gh t cristale de zăpadă strălucitoare | Fotograful canadian Don Komarechka a surprins aceste două imagini în Barrie, Ontario, folosind o cameră portabilă cu un obiectiv macro de înaltă rezoluție și un bliț inel Iluminarea frontală a produs cristale strălucitoare așezate pe un fundal întunecat Când Don filmează fulgi de zăpadă, face aproximativ o sută până la două sute de fotografii ale fiecărui subiect în succesiune rapidă, mișcându-și camera înainte și înapoi pentru a obține o focalizare bună asupra diferitelor părți ale cristalului Mai târziu, a folosit un software de procesare a imaginilor pentru a combina treizeci până la cincizeci dintre cele mai bune imagini într-o singură imagine de înaltă rezoluție Această extensie de înaltă tehnologie a fotografiei "point-and-shoot" produce imagini excepțional de clare care dezvăluie chiar și detalii minuscule în gheață Don Komarechka fulgi de nea în familie | Fotografii ruși Alexey Kljatov și Olga Sytina îi păstrează fulgi de zăpadă în familie - Olga și Alexey sunt mamă și fiu Ambele au folosit camere portabile cu lentile macro pentru a surprinde aceste imagini Imaginile au fost făcute la Moscova în condiții de lumină ambientală, așa că a fost necesară o mână stabilă pentru a se concentra asupra micilor fulgi de zăpadă Alexey observă că cristalele excelente ca acestea apar doar rar Ninsorile care aduc un număr mare de cristale bine formate se pot întâmpla doar de câteva ori în fiecare iarnă Alexey Klyatov și Olga Sytina Fotografie cu fulgi de nea | Elizabeth Akers Josh Shackleford Jessica Dyer Marc Kohlbauer Delena-Jane Lane | cap t er ei gh t totul despre fulgi de nea | Fotografiile de pe aceste două pagini prezintă fulgi de zăpadă în lumină naturală, așa cum ar putea

apărea pe mâneca ta sau pe alte suprafețe Ei sugerează posibilitățile nesfârșite de captare a imaginilor cu fulgi de zăpadă Pam Eveleigh Jill Lian Jackie Novak Fotografie cu fulgi de nea | Din sânul Aerului Din pliurile de nori ale hainelor ei zguduite, Peste pădurile brune și goale, Peste câmpurile de recoltare părăsite, Tăcut și moale și încet Coboară zăpada - Henry wa Dsworth longfellow, Courtshi P o F miles standish, and other Poems , Epilog Acest lucru ne duce la sfârșitul poveștii noastre despre arta și știința fulgilor de zăpadă Pe parcurs, am examinat diferite tipuri de fulgi de zăpadă în detaliu, am analizat structurile simetrice ale acestora și am investigat modul în care astfel de modele elaborate sunt create în nori Ne-am oprit pentru o scurtă pauză pentru a arunca o privire de aproape asupra arhitecturii remarcabile a acestor cristale minuscule de gheață Din această zi înainte, considerați-vă o autoritate în toate chestiunile legate de această formă cea mai fascinantă de precipitații înghețate Deocamdată și tu poți recunoaște curioasa coloană cu capac sau dendrita stelar maiestuoasă atunci când îți aterizează pe mânecă și și tu poți explica originea formei și simetriei sale distincte În propriile noastre vieți, ne-am urmărit copiii crescând în timp ce le împărtășeam obsesia noastră pentru multele fațete ale fulgilor de zăpadă Cercetările lui Ken în știința cristalelor de zăpadă au devenit o afacere de familie, trimițându-ne în safari cu fulgi de zăpadă pe trei continente Căutările noastre pentru fulgi de zăpadă neobișnuiți și frumoși s-au cuprins în acei ani de aur de aventură în familie, când copiii erau suficient de mari pentru a călători, dar suficient de tineri încât să vrea totuși să ne însoțească După aproape două decenii de călătorie și studiu, încă ne bucurăm la vederea unei stele extraordinare de zăpadă Călătoria noastră a început cu ceea ce părea a fi o întrebare simplă: cum se formează fulgii de zăpadă? Această întrebare a condus la Ukichiro Nakaya, diagrama morfologiei și prima întâlnire a familiei noastre cu o coloană cu plafon Experimentele noastre de laborator au ne-a adus să creăm fulgi de zăpadă de designer, oferindu-ne o nouă perspectivă fascinantă asupra mărturii înghețate a naturii Pe măsură ce ne apropiem de cea de-a -a aniversare a primei fotografii cu fulgi de zăpadă a lui Wilson Bentley, acum explorăm modalități de a crea noi tipuri de cristale de zăpadă într-un mediu controlat, oferindu-le ochiului care urmărește camera noastră pe măsură ce se formează și se dezvoltă în timp real Pe parcurs, ne perfecționăm metoda de cultivare a fulgilor de zăpadă gemeni identici Suntem deosebit de încântați de evoluțiile recente în creșterea fulgilor de zăpadă virtuali pe computer, deoarece aceștia arată o fidelitate tot mai mare față de cristalele naturale Acest aspect al poveștii fulgilor de nea se schimbă rapid, pe măsură ce sunt dezvoltate noi instrumente de calcul În curând, comparațiile dintre fulgii de zăpadă de laborator și omologii lor virtuali vor contribui mult la înțelegerea științei Ieșind din laborator, plănuim călătorii suplimentare cu SnowMaster , revezând locurile noastre preferate cu fulgi de zăpadă și explorând altele noi Antarctica și Siberia sunt în fruntea listei noastre Sperăm că povestea noastră despre fulgi de nea te-a inspirat să ieși afară și să te uiți îndeaproape la cristalele care cad Sperăm că puteți găsi timp să vă opriți, să vă bucurați de calmul unei căderi de ninsoare liniștite și să vă urmăriți respirația aburită plutind în sus pentru a vă alătura norilor Și, mai ales, sperăm că veți continua să găsiți bucurie și uimire în fulgul de nea Opus fulgi de nea intriganți | Cu cât învățăm mai multe despre fulgi de zăpadă, cu atât dorim să știm mai multe Această imagine "negativă" arată un fulg de zăpadă excepțional, cultivat în laborator Epilog |

index Numerele paginilor cu caractere cursive indică un element care apare într-o fotografie sau într-o legendă arhitectura, , zăpadă artificială, , , fulgi de nea asimetrici, halou atmosferic, , , iluminare din spate, , Bentley, Wilson, - , , , , ramificații instabilitate de ramificare, , fulgi de zăpadă computaționali și, - comportament fractal și, - creștere sincronizată și, - instabilitate de ramificare, , , , plăci stelare cu ramuri late, , , , rozete cu glonț, camere, problema cu ghiulele, - , coloane limitate, , , - , - , Chickering, Frances, de ani nori extrem de frig și, zăpadă în congelator și, - suprarăcire de, - suprasaturare a, - coloane, , , , - fulgi de zăpadă computaționali, - cristale fațete artificiale, - structura lattice, , - confuzie lingvistică, fațete auto-asamblate, , , , Descartes, René, , , fulgi de zăpadă de designer, - , Vezi și praf de diamant fulgi de nea sintetici, , , plăci duble, , fulgi de zăpadă electrici, - , - evaporare, - , expirație, tipuri exotice, - zăpadă extraterestră, dendrite stelare asemănătoare ferigilor, de cristale de os de pește, formare, , instabilitate de ramificare și, , nori și, - expirație și, imagini cu, diagrama morfologică și, - , munți și, creștere sincronizată, - unicitate și, geometrie fractală, - ninsoare din congelator, - , ger, - Înghețat, geometrie fațete de cristal, , , , - structura rețelei cristaline, , - fractal, - simetrie hexagonală, - , , fulgi de zăpadă cu plăci de sticlă, zăpadă granulată, , Han Yin, ani Harriot, Thomas, ani prisme hexagonale, , , simetrie hexagonală, - , , brumă, - Hooke, Robert, , de ani Hsiao Tung, umiditate ramificare și, diagramă morfologică și, - , plăci stelare/dendrite și, creștere sincronizată și, - Humphreys, WJ, de ani fulgi de nea gemeni identici, - , - Kepler, John, , , , Klyatov, Alexey, Komarechka, Don, fulgi de nea de laborator Vezi fulgi de zăpadă sintetici cu efect de lac, , - Magnus, Olaus, ani topire, - , diagramă morfologică, - , , Instabilitate Mullins-Sekerka, , , , înmulțire coloane limitate, Nakaya, Ukichiro, - , , , Diagrama Nakaya, - , ace, , , , - nucleare, iluminare oblică, | cercetări în curs, , lift orografic, fulgi de nea de hârtie, , , - tehnici fotografice iluminare/iluminare, , - fotografiarea fulgilor pe diapozitive, folosind panouri de colectare, fotografie camere pentru, , rece și, , condiţii pentru, - exemple de la alți fotografi, - fotomicroscoape pentru, , plăcerile de, sincronizare și, , Wilson Bentley, - , , Vezi și tehnici fotografice fotomicroscoape, , morfogeneza fizică, Pliniu cel Bătrân, cristale de iaz, conservarea cristalelor de zăpadă, ramuri primare, , Pseudomonas syringae, iluminare curcubeu, Renaștere, Rheinberg, Julius, Iluminarea Rheinberg, , fulgi de nea cu ramă, - , Schaefer, Vincent, observație științifică, - , , , - Scoresby, William, de ani plăci sectorizate, , ramuri laterale, , - , iluminare laterală, , stele simple, lapoviță, cristale de zăpadă simetria hexagonală a, , vs fulg de nea, inductori de zăpadă, farfurii despicate/stelute, , dendrite stelare, - , - , plăci stelare, , , , câini de soare, , superglue, suprasaturare, a norilor, - căldură de suprafață, modelarea suprafeței, simetrie, - , , creștere sincronizată, - de fulgi de zăpadă sintetici ca art, - , dezvoltarea, - fulgi de zăpadă electrici, - , - ninsoare din congelator, - , valoare observațională, Sytina, Olga, temperatura coloane acoperite și, de nori și, morfologie și, - , , vizionarea fulgilor de zăpadă și, plăci stelare/dendrite și, , cristale ciudate de zăpadă și, cristale triunghiulare și, Thoreau, Henry David, de cristale triunghiulare, - , de cristal Tsuzumi Vedeți coloane acoperite stele cu douăsprezece ramuri, , , tipuri de cristale coloane limitate, , , - , - , diagrama din, coloane și ace, , , , - praf de diamant, , farfurii

duble, , numărul estimativ de, de fulgi de zăpadă, - , farfurii despicate/stelute, , dendrite stelare, - , - cristale triunghiulare, - , stele cu douăsprezece ramuri, , , unic/ciudat, , unicitate, Biroul Meteorologic al Statelor Unite, înghețul ferestrei, Wright, Frank Lloyd, Index | surroun De D By snow | Rachel și Ken, bucurându-se de pădurea înzăpezită Despre autori Kenneth Libbrecht este profesor de fizică la Caltech din Pasadena, California, unde studiază dinamica moleculară a creșterii cristalelor, în special modul în care cristalele de gheață cresc din vaporii de apă, care este în esență fizica fulgilor de zăpadă El a scris mai multe cărți pe această temă, printre care The Snowflake: Winter's Secret Beauty, The Art of the Snowflake și Field Guide to Snowflakes al lui Ken Libbrecht Rachel Wing este gardian de parc pentru orașul Monrovia, California, la poalele Munților San Gabriel Cu experiența ei în geologie, ea este specializată în echilibrarea conservării sălbăticiei cu siguranța la incendiu pentru locuitorii din apropiere Rachel iubește să facă drumeții și să urce pe aceste dealuri, mai ales în rarele ocazii când zăpada îmbracă plantele asemănătoare deșertului Ea îl însoțește pe Ken ca urmăritor de fulgi de zăpadă de aproape douăzeci de ani Rachel și Ken locuiesc în Pasadena și au doi copii |